20小时操作视频
397个案例素材

超值多媒体光盘

SolidWorks® 实战教程

上海三泽信息技术有限公司　编著

★ 贴近实战　实例均来自一线，与工程实践紧密结合
★ 内容全面　建模、装配、分析、渲染、出图全覆盖
★ 配套齐全　视频、素材、练习、答案、讲解全包括
★ 便于取证　多套CSWA、CSWP测试样题全解析



SolidWorks®公司
全球教育总裁
和亚太区副总裁亲自作序

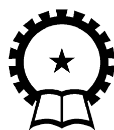
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

SolidWorks® 实战教程

上海三泽信息技术有限公司　编著



机 械 工 业 出 版 社

本书根据企业设计、研发的流程，针对职业院校和工程技术人员的使用情况，介绍了SolidWorks基础建模出图、标准件使用、参数化设计、设计交流、渲染、动画、分析等工具的应用。

本书通俗易懂，图文并茂。除了安排课堂内容外，还附有丰富的课后练习，帮助学生课后自我提高，培养学习兴趣，也可满足老师讲授理论知识和工程实践相结合的教学要求。本书配有多媒体光盘，其中不仅含有与课程内容配套的实例文件，还包含详细的操作视频，以便读者使用。

本书可供本科、高等职业院校相关专业的师生、企业技术人员使用，也可供SolidWorks初学者参考。

图书在版编目（CIP）数据

SolidWorks®实战教程/上海三泽信息技术有限公司编著.
—北京：机械工业出版社，2014.3（2015.9重印）
ISBN 978-7-111-45867-8

Ⅰ.①S…　Ⅱ.①上…　Ⅲ.①计算机辅助设计-应用软件-教材　Ⅳ.①TP391.72

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第027918号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）
策划编辑：郎　峰　宋亚东　责任编辑：郎　峰　宋亚东　周晓伟
版式设计：霍永明　责任校对：刘秀丽
封面设计：饶　薇　责任印制：刘　岚
北京京丰印刷厂印刷
2015年9月第1版 · 第2次印刷
184mm×260mm · 17.5印张 · 432千字
3 001—5 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-45867-8
ISBN 978-7-89405-333-6（光盘）
定价：45.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

编审编委会

主　任　王天虎　胡其登

副主任　卢　莎　唐监怀

委　员　（按姓氏笔画排序）

王文景　王东明　方部玲　卢　敏　白　磊

朱文欣　刘国征　肖朝蓬　吴振蓬　吴海军

张红霞　陈发添　陈隶源　陈炳发　林新农

周兆云　曹忠明　商庆清　温国斌　潘海波

主　编　王天虎　胡其登

副主编　陈炳发　唐监怀

主　审　郑梅生

序

尊敬的中国地区 SolidWorks 用户：

很高兴为您推介这本《SolidWorks®实战教程》。秉承我们对中国教育市场长期的承诺，自从 1996 年以来，我们一直保持与全球其他地区同步发布 SolidWorks 3D 数字化解决方案系列产品。

作为全球最大的工程技术服务提供商，DS SolidWorks® 致力于带给用户一流水平的 3D 解决方案（包括设计、分析、产品数据管理、文档出版与发布），以帮助设计师和工程师开发出更好的产品。大量杰出的工程师每天都在使用我们的解决方案，研发高质量的、有竞争力的产品。

同样，在教育市场我们一直致力于提供出色的数字化教学和科研平台，帮助老师提升教学质量和教学效果，提升科研水平和科研能力，将企业全流程的解决方案完全复制到学校，充分发挥学校的理论优势，将理论与实践相结合，培养与企业需求相适应的高技能人才和卓越工程师。每年有数以百万计的学生和教师在使用我们的平台，将他们的创意变为现实，为以后的企业招聘储备了大量人才。

当前，中国经济正处在关键的转型期，为保持经济健康可持续发展，由“中国制造”向“中国创造”转变，由低成本的劳动密集型到高收入、基于服务业和知识密集型产业结构的转变，中国需要最佳的软件创新工具和平台，更需要大量具有创新能力和创新思维的人才。

现在，我们的授权合作伙伴提供了专门针对教育用户的学习教程，体现了我们扎根中国、服务中国、对中国用户长期持续的承诺。此教程可以有效地帮助您把 SolidWorks 平台在教学创新和人才培养、教学理论与工程实践结合、工程技术应用等方面的强大威力全部释放出来。

我们为 SolidWorks 能够帮助提升中国制造业的产品研发能力感到自豪，更为越来越多的公司投身教育、服务教育感到欣慰，中国教育发展规划常说“百年大计，教育为本”，现在您拥有了最好的数字化教学科研平台以及配套教程，我们期待看到更多的学子能成为未来实现“中国梦”的卓越人才。

此致

敬礼！

HARRINGTON Jeremy
DS SolidWorks® 公司全球教育总裁

GOH Choon Keat
DS SolidWorks® 公司亚太区副总裁

2014 年 1 月

前　　言

DS SolidWorks® 公司是一家专业从事三维机械设计、工程分析、交互式文档制作、产品数据管理软件研发和销售的国际性公司。自 1995 年以来，SolidWorks 已经从最初的设计软件上升到现在的多产品数字化信息平台，其中包括 CAD 产品设计、CAE 产品分析、Plastics 模流分析、PDM 产品数据管理、Composer 交互式文档发布和 Electrical 电气设计。在商业市场，SolidWorks 平台以其优异的性能、易用性和创新性，极大地提高了工程师的设计效率和质量。在教育市场，SolidWorks 已经成为各类院校师生钟爱的科研和教学平台，在辅助教学和培养学生创新能力方面发挥着重要作用，目前已经成为市场主流 3D CAD 软件之一，在全球拥有超过 250 万用户。

本教程是上海三泽信息技术有限公司在总结和整理多年来对企业和教育用户现场服务和培训素材的基础之上精编而成的。按照项目式的教学理念编写，充分考虑到教学的特殊性，改变以往本教程以教授单个命令为模式的教学思路，站在全局的高度，在尽量短的时间内让学生掌握解决问题的所需方法，很快体验到成就感，并以结果为导向，全面快速实现学习目标。该教程通俗易懂，编排思路清晰，让初学者容易上手，让高手更上一层楼。

根据以上理念，本教程以 SolidWorks 最新版本为基础，全实例化教学，帮助老师及学生快速掌握 SolidWorks；对项目进行全数字化设计，包括二维工程图、三维建模、装配、渲染、仿真分析、文档交流等，满足老师在教学过程中，教授理论知识和工程实践相结合的教学要求。本教程充分考虑国内教学课程的惯例，除了课堂内容外，还附有丰富的练习，帮助学生课后自我提高，培养学习兴趣。本书附有多媒体光盘，内容包括课堂内容、课后练习的全部操作视频，不仅可以用于教学，还可用于学生自学。本教程所有习题答案可在本公司教育网站下载，网址为：WWW. SolidWorks-EDU. com。为与 SolidWorks 软件保持一致，本书中部分名词术语的名称未与国家标准保持一致，如“剖面视图”指“剖视图”、“形位公差”指“几何公差”，请读者阅读时注意。

本教程由 DS SolidWorks® 中国区授权合作伙伴——上海三泽信息技术有限公司编著。上海三泽信息技术有限公司作为 DS SolidWorks® 公司的合作伙伴，拥有一支完整的技术支持队伍，能为商业和教育用户提供技术支持与培训、项目导航、课件制作等方面的工作。在此，对参与本书编写人员的辛勤工作表示诚挚的感谢。

由于时间仓促，书中难免存在疏漏和不足，恳请广大读者批评指正，请将意见或建议发送至邮箱：Book@ SolidWorks-EDU. com。

上海三泽信息技术有限公司

2014 年 1 月

目　　录

序
前言
第1章　SolidWorks 软件介绍 …… 1
1.1　SolidWorks 介绍 …… 1
1.2　SolidWorks 环境介绍 …… 2
1.2.1　文件操作过程 …… 2
1.2.2　SolidWorks 界面 …… 2
1.2.3　菜单栏 …… 3
1.2.4　前导视图工具栏 …… 4
1.2.5　搜索工具 …… 4
1.2.6　帮助和弹出式工具栏 …… 4
1.2.7　任务窗格和切换按钮 …… 5
1.2.8　状态栏 …… 5
1.2.9　快捷栏（快捷工具栏） …… 6
1.2.10　文件窗口和图形区域 …… 6
1.2.11　文件窗口的左侧区域 …… 6
1.2.12　关联工具栏 …… 7
1.2.13　CommandManager 命令管理器 …… 8
1.3　设定基本环境 …… 9
1.3.1　系统选项 …… 9
1.3.2　文档属性 …… 12
1.4　鼠标的应用 …… 13
1.5　常用快捷键 …… 14
1.6　课后小结 …… 14
第2章　草图 …… 15
2.1　概述 …… 15
2.2　草图实体 …… 15
2.3　草图工具 …… 20
2.4　草图定义方式 …… 30
2.4.1　自动（草图）几何关系 …… 30
2.4.2　方程式 …… 30
2.4.3　添加约束关系 …… 30
2.4.4　尺寸 …… 30
2.5　大体轮廓的建立及后期尺寸的标注 …… 36
2.5.1　示例1 …… 36
2.5.2　示例2 …… 40
2.5.3　示例3 …… 42
2.5.4　示例4 …… 44
2.6　课后小结 …… 48
2.7　课后练习 …… 48
第3章　基本特征 …… 49
3.1　概述 …… 49
3.2　拉伸 …… 49
3.2.1　拉伸-拔模 …… 49
3.2.2　拉伸-薄壁特征 …… 51
3.2.3　拉伸-方向 …… 55
3.3　参考几何体 …… 58
3.3.1　基准面的创建 …… 58
3.3.2　基准轴的创建 …… 60
3.4　阵列 …… 61
3.4.1　线性阵列 …… 62
3.4.2　圆周阵列 …… 65
3.4.3　草图驱动阵列 …… 67
3.5　旋转 …… 69
3.6　扫描 …… 73
3.6.1　扫描-回形针 …… 73
3.6.2　扫描-引导线 …… 74
3.6.3　扫描-不规则弹簧 …… 77
3.7　拔模和拔模分析 …… 79
3.7.1　概述 …… 79
3.7.2　应用 …… 79
3.8　抽壳和筋 …… 80
3.9　放样 …… 82
3.9.1　放样-漏斗 …… 82
3.9.2　放样-铸件 …… 86
3.10　课后小结 …… 89
3.11　课后练习 …… 89
第4章　装配体 …… 95
4.1　概述 …… 95
4.2　装配体设计方案 …… 95
4.3　自底向上的装配体建模 …… 95
4.3.1　操作流程 …… 96
4.3.2　装配过程 …… 96
4.4　自顶向下的装配体建模 …… 108

4.4.1　操作流程 …… 108
4.4.2　装配过程 …… 108
4.5　装配体爆炸视图 …… 114
4.5.1　爆炸视图 …… 114
4.5.2　爆炸直线草图 …… 120
4.6　课后小结 …… 124
4.7　课后练习 …… 124
第5章　标准件库 …… 126
5.1　概述 …… 126
5.2　设计库 …… 126
5.3　标准件库 …… 126
5.4　Toolbox …… 127
5.4.1　Toolbox 的启动方式 …… 127
5.4.2　智能扣件 …… 127
5.4.3　异型孔向导/Toolbox …… 127
5.4.4　添加智能扣件 …… 128
5.5　3D ContentCentral 的应用 …… 132
5.5.1　概述 …… 132
5.5.2　应用 …… 132
5.6　课后小结 …… 136
5.7　课后练习 …… 136
第6章　工程图 …… 137
6.1　概述 …… 137
6.2　术语 …… 138
6.3　工程图的操作步骤 …… 138
6.4　工程图元素 …… 138
6.4.1　标准视图 …… 138
6.4.2　派生视图 …… 139
6.4.3　尺寸与注解 …… 141
6.4.4　图纸格式与图纸属性 …… 142
6.5　综合实例 …… 142
6.5.1　实例1—模型视图 …… 142
6.5.2　实例2—视图调色板 …… 149
6.6　课后小结 …… 153
6.7　课后练习 …… 153
第7章　渲染 …… 155
7.1　概述 …… 155
7.2　SolidWorks 中的相关工具 …… 155
7.2.1　RealView 和环境封闭 …… 155
7.2.2　PhotoView360 …… 155
7.3　实例　渲染台灯 …… 156
7.4　课后小结 …… 162
7.5　探讨 …… 162
7.6　课后练习 …… 163
第8章　参数化设计基础 …… 164
8.1　概述 …… 164
8.2　配置 …… 164
8.2.1　手动添加零件配置 …… 164
8.2.2　自动添加零件配置 …… 171
8.3　课后小结 …… 176
8.4　课后练习 …… 176
第9章　3D 草图 …… 178
9.1　概述 …… 178
9.2　使用 3D 草图 …… 178
9.2.1　使用基准面 …… 178
9.2.2　草图实体和几何关系 …… 178
9.2.3　空间控标 …… 178
9.3　实例 …… 178
9.3.1　实例1　3D 管道 …… 178
9.3.2　实例2　焊件 …… 185
9.4　课后小结 …… 195
9.5　课后练习 …… 195
第10章　动画 …… 197
10.1　概述 …… 197
10.2　SolidWorks MotionManager …… 197
10.2.1　功能介绍 …… 197
10.2.2　打开方式 …… 197
10.2.3　操作界面介绍 …… 197
10.3　SolidWorks 中的其他动画功能 …… 198
10.3.1　装配体中的爆炸过程动画 …… 198
10.3.2　走查功能 …… 198
10.3.3　分析中的动画功能 …… 198
10.4　动画中可控制项 …… 199
10.5　动画实例 …… 199
10.5.1　实例1——平移机构 …… 199
10.5.2　实例2——吸盘移动 …… 203
10.5.3　实例3——筛选球体 …… 205
10.6　动态剖切 …… 206
10.7　动画渲染（选作） …… 209
10.8　课后小结 …… 210
10.9　课后练习 …… 210
第11章　SolidWorks eDrawings …… 212
11.1　概述 …… 212
11.2　文件类型 …… 212
11.2.1　可以直接打开的文件类型 …… 212
11.2.2　可以保存的文件类型 …… 212
11.2.3　如何保存 eDrawings 文件 …… 213

11.3 软件界面 …… 213
11.4 阅览批注3D模型 …… 214
11.5 查看和交流 …… 218
11.6 阅览批注工程图 …… 218
11.7 模型的显示方式 …… 220
11.7.1 上色 …… 220
11.7.2 取消上色 …… 220
11.7.3 上色时显示边线 …… 220
11.8 课后小结 …… 220
11.9 课后练习 …… 221
第12章 分析工具 …… 222
12.1 概述 …… 222
12.2 SolidWorks软件中的分析工具介绍 …… 222
12.3 如何找到分析工具 …… 222
12.4 分析实例 …… 223
12.5 查看结果 …… 225
12.6 设计改进 …… 227
12.7 设计优化 …… 231
12.8 优化结果 …… 234
12.9 课后小结 …… 234
12.10 课后练习 …… 234
附录 …… 236
附录A CSWA测试样题讲解 …… 236
附录B CSWP测试样题讲解 …… 255

第 1 章　SolidWorks 软件介绍

【学习目标】

- 对 SolidWorks 用户界面有一定的认知
- 对 SolidWorks 基本环境有一定的了解
- 在 SolidWorks 中正确使用鼠标
- 熟悉 SolidWorks 的快捷键

1.1　SolidWorks 介绍

SolidWorks 是由美国 DS SolidWorks® 公司（该公司是法国 Dassult System 公司的子公司）开发的一款三维机械 CAD 软件。该软件自 1995 年问世以来，迅速地受到广大工程设计人员的推崇与青睐，同时凭借其强大的功能、引领业界的众多创新和易学易用性的显著特点，迅速地扩大了其在 CAD 市场的份额。

SolidWorks 除了基于特征和涵盖参数化技术的变量化造型功能外，还拥有多项业界领先的技术专利。

由于 SolidWorks 是完全基于 Windows 基础环境下开发的一款软件，所以能够充分利用 Windows 平台的巨大优势，为设计师提供简易方便的工作界面。SolidWorks 的专利技术—特征管理员设计树能够将工程师的设计过程自动记录下来，并形成特征管理树，置于屏幕的左侧。设计师可以随时选取任意一个特征进行编辑与修改，也可以根据设计意图的需要调整特征的顺序，以满足最终设计需要。

由于 SolidWorks 全面采用了 Windows 的底层技术，所以自然而然地在 SolidWorks 的设计环境中自由地使用大家最为熟悉的“剪切、复制、粘贴”等操作，而这种最为普及的操作可以贯穿于 SolidWorks 的整个零件、装配、工程图等环境。SolidWorks 软件中的每一个图元（草图、特征、零件等）都带有一个“拖动手柄”，帮助实时动态地改变其形状和大小。对于任何初学者，只要具有 Windows 软件的基本使用经验，就可以迅速地掌握 SolidWorks 的应用。

SolidWorks 对大型装配的处理能力表明 SolidWorks 不仅是一款简单的实体建模工具，而且是一个面向产品级的机械设计系统。它既提供自底向上的设计方法，同时也提供自顶向下的设计方法。自顶向下的设计方法鼓励工程师直接从装配体开始设计，从而在装配环境中参考其他零件的位置、形状及尺寸进行零部件的关联设计，这样更加符合工程设计习惯。在装配设计中，特别是对于大型装配的设计，SolidWorks 设计了一系列的具有独创性的功能如“轻化”、“压缩”、“封套”、“SpeedPak”、“智能选择”等，因此能高效处理大型复杂装配体。更加值得一提的是装配设计中的“产品配置”功能，为用户设计不同“构型”的产品提供了最为直接的解决方案，这也为面向订单的制造业企业后续实施真正的 PDM（产品数据管理）系统打下了坚实的基础。

SolidWorks 拥有丰富的功能模块。例如，当设计完模型之后，要对它进行渲染，可以启

动 PhotoView360 功能；要对它进行仿真运动，可以启动 Motion 功能；要对它进行结构分析，可以启用 Simulation 功能等。SolidWorks 同时提供了方便的二次开发环境和开放数据结构，因此 SolidWorks 已经逐渐成为工程师设计和应用的通用 CAD 平台。

1.2 SolidWorks 环境介绍

SolidWorks 的用户界面属于典型的 Windows 应用程序界面类型，包括菜单栏、工具栏和状态栏等一些通用的 Windows 界面元素。

1.2.1 文件操作过程

1. 启动 SolidWorks

单击【开始】/【所有程序】/【SolidWorks <版本号>】/【SolidWorks <版本号>】；也可以通过双击桌面快捷方式，进入 SolidWorks。

2. 退出 SolidWorks

单击【文件】/【退出】，或单击 SolidWorks 主界面右上角的按钮，退出应用程序。

3. 打开一个 SolidWorks 现有文件

双击现有的 SolidWorks 文件，即可在 SolidWorks 中打开这个文件。如果在双击零件的文件名时 SolidWorks 应用程序还没有运行，则系统会自动运行 SolidWorks 程序，然后打开所选的零件文件。

如果已经打开 SolidWorks 软件，也可通过以下方法打开文件：单击 SolidWorks 菜单下的【文件】/【打开】，然后输入文件名或浏览至文件名，或从 SolidWorks 中的【文件】菜单选择文件名。SolidWorks 会列出用户最近打开过的一些文件。

4. 保存文件

单击菜单栏上的【保存】按钮，可保存对文件所做的更改。

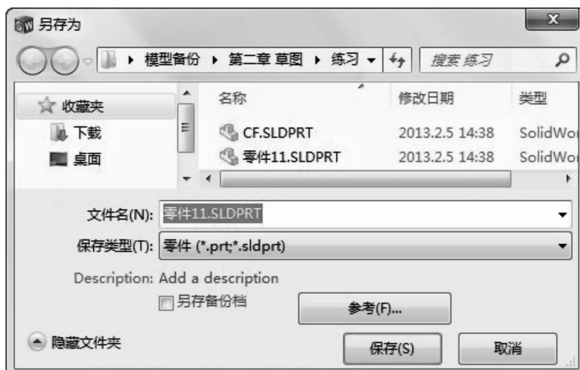


图 1-1 【另存为】对话框

5. 复制文件

单击【文件】/【另存为】，以新的文件名保存为文件副本，如图 1-1 所示。Solidworks 文件的后缀有：零件(＊.sldprt)，装配体(＊.sldasm)，工程图(＊.slddrw)。

1.2.2 SolidWorks 界面

1）进入 SolidWorks 后，可以通过【新建】和【打开】两种选择来新建或者打开一个已有的 SolidWorks 文档，如图 1-2 所示。



图 1-2 【新建】与【打开】SolidWorks 文档

2）单击【文件】/【新建】，弹出【新建 SolidWorks 文件】对话框，SolidWorks 提供三种设计模式，分别为“零件”、“装配体”和“工程图”，如图 1-3 所示；也可以通

过单击图 1-3 左下角的【高级】按钮选择自定义模板，如图 1-4 所示。

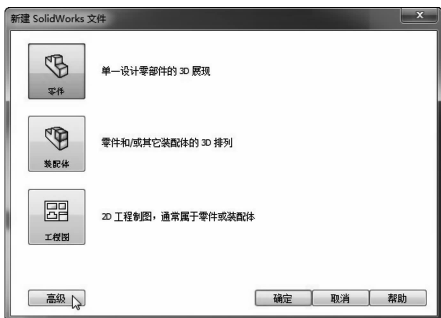


图 1-3　【新建 SolidWorks 文件】对话框

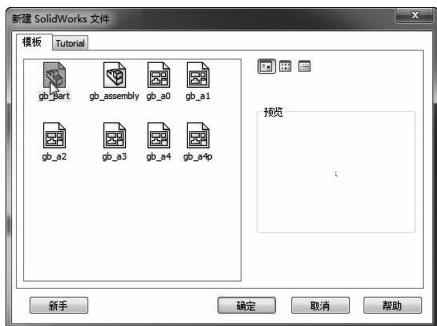


图 1-4　选择自定义模板

3）选择“零件”进入零件绘制窗口，如图 1-5 所示。

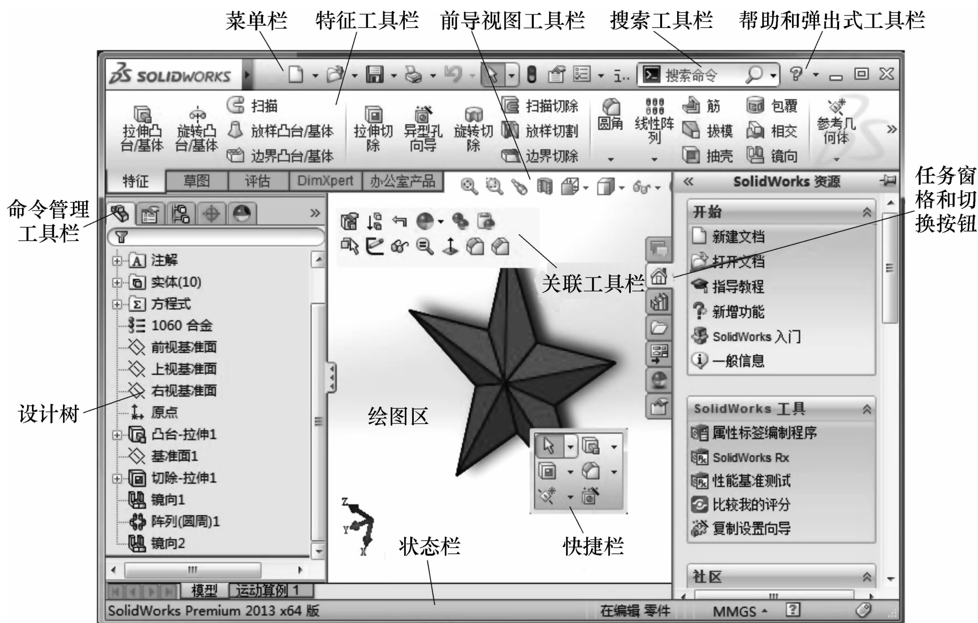


图 1-5　零件绘制窗口

1.2.3　菜单栏

SolidWorks 隐藏了主菜单，当用户单击菜单栏，将显示 SolidWorks 主菜单，主菜单中包含了几乎所有的 SolidWorks 命令。



提示

通过将鼠标移动到左上角使主菜单展开，然后单击最后的图钉按钮，保持主菜单显示，工具栏则向右平移，如图 1-6 所示



图 1-6　菜单栏

当一个菜单选项带有一个向右的小箭头▸时，说明该菜单选项带有子菜单，当鼠标移动到要选择的菜单选项上时小箭头变白同时该菜单选项的子菜单将展开。

当一个菜单选项后面带有三个小点(…) 时，单击该菜单选项将打开一个带有其他选项或信息的对话框，比如：单击【工具】菜单栏中的【测量】，结果如图 1-7 所示。

当选择【自定义菜单】时，可以根据需求从菜单中添加或者移除一些不常用的命令，如图 1-8a 所示为【插入】菜单，选择【插入】菜单下的【自定义菜单】，在每个命令前面出现一个复选框✓，如图 1-8b 所示，对前面的复选框勾选与去除可以添加或移除命令。

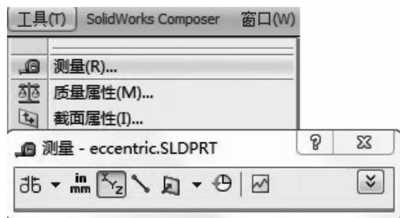


图 1-7　测量工具举例



图 1-8　自定义菜单命令

1.2.4　前导视图工具栏

前导视图工具栏位于绘图窗口的顶部居中位置，为用户提供了常用的操纵视图的工具栏，如【整屏显示全图】、【局部放大】、【剖面视图】等，如图 1-9 所示。

前导视图工具栏也可以根据需要添加和删除命令：在前导视图工具栏位置右击选择【自定义】/【命令】，根据需要将命令按钮拖拽到前导视图工具栏的位置，就会添加此命令，比如可以将常用的标准视图中的命令【正视于】按钮拖拽到前导视图工具栏；移除命令只要进行相反的拖拽即可。

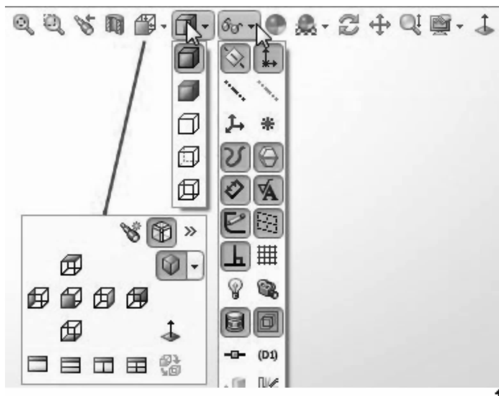


图 1-9　前导视图工具栏

1.2.5　搜索工具

使用 SolidWorks 搜索工具可以搜索到 SolidWorks 的命令、帮助，也可以对当前计算机、局域网、甚至互联网进行文件搜索，以便于查找可用于设计的文件等。如图 1-10 所示，先选择【搜索命令】，然后在搜索栏里输入“圆”，与“圆”相关的一些命令已经全部列出。

1.2.6　帮助和弹出式工具栏

单击按钮?打开 SolidWorks 帮助文件，显示 SolidWorks 的【帮助】主菜单。SolidWorks 提供了一种下拉式的工具栏，在工具按钮旁边附加有向下箭头形式的按钮，单击向下箭头，可显示一组工具，便于用户选择使用，如图 1-11 所示。

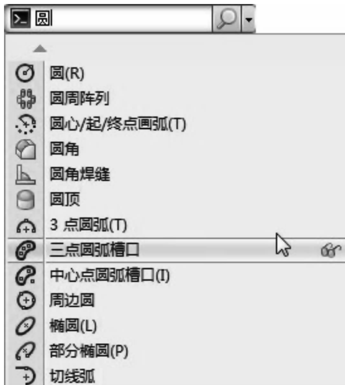


图 1-10　搜索命令



图 1-11　【帮助】和弹出式工具栏

1.2.7　任务窗格和切换按钮

任务窗格是与管理 SolidWorks 文件有关的一个工作窗口，它包括了【SolidWorks 资源】、【设计库】、【文件探索器】、【视图调色板】、【外观】、【布景和贴图】和【自定义属性】。通过任务窗格，用户可以查找和使用 SolidWorks 文件。另外，某些 SolidWorks 集成插件也使用任务窗格作为其界面的组织形式，如【Toolbox】等。默认情况下，任务窗格显示于界面右边，

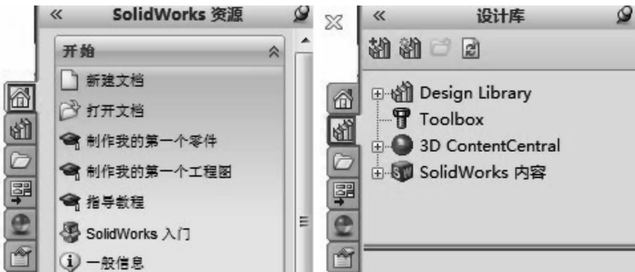


图 1-12　任务窗格和切换按钮

不但可以移动、调整大小，打开和关闭，而且还可以单击右上角图钉按钮将其固定于界面右边的默认位置或者移开，如图 1-12 所示。将鼠标移动到切换按钮上就可以看到此命令按钮的介绍。

1.2.8　状态栏

状态栏提示当前的操作状态，并提示操作步骤，位于 SolidWorks 窗口最下面一栏，如图 1-13 所示，当前是在编辑草图状态，草图已经完全定义。

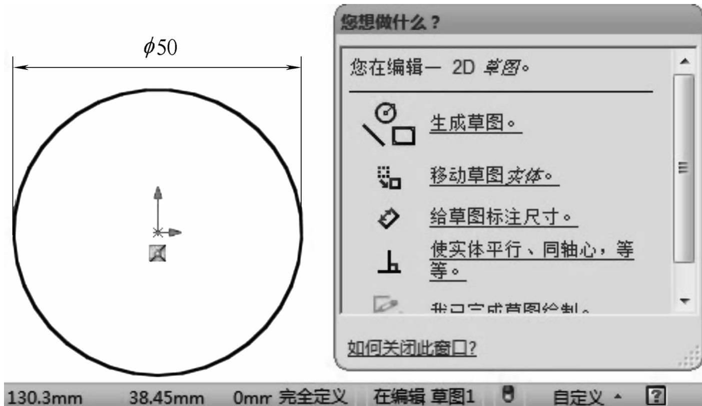


图 1-13　状态栏

1.2.9 快捷栏（快捷工具栏）

当用户处于不同的工作环境下，例如，在零件、装配体、工程图或草图绘制状态下，按<S>键可弹出快捷栏，不同的工作环境中弹出的快捷栏命令也会不同。快捷栏为用户提供了最常见的操作命令，这是 SolidWorks 用户界面中的一个亮点。由于快捷栏是通过按<S>键打开的，因此，快捷栏也可以称为“S 工具栏”，如图 1-14 所示为草图快捷栏。

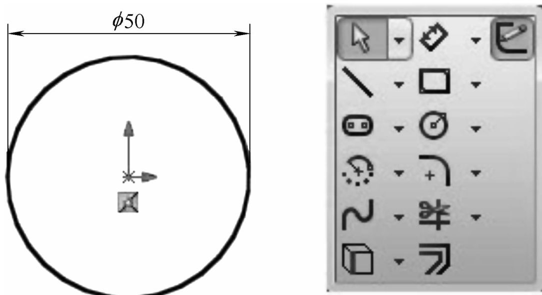


图 1-14　草图快捷栏

1.2.10 文件窗口和图形区域

SolidWorks 是多窗口操作软件，可以分别打开不同文件进行操作，如图 1-15 所示为两个零件在不同窗口中打开。

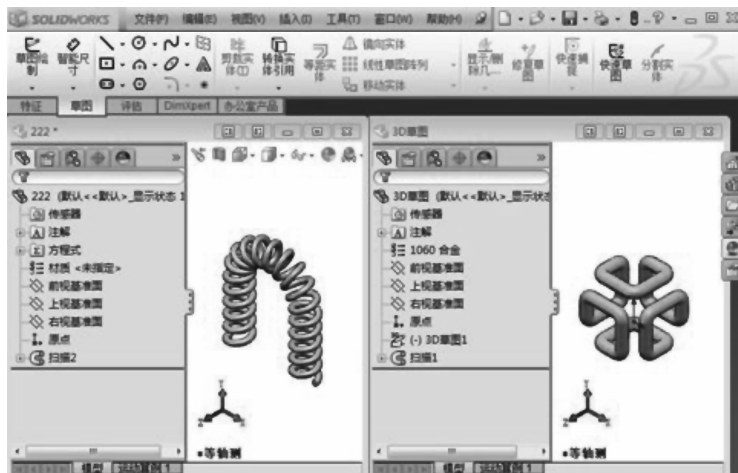


图 1-15　两个零件在不同窗口中打开

1.2.11 文件窗口的左侧区域

每个文件窗口中，除了包含图形区域外，在文件窗口的左侧为 SolidWorks 文件的管理区域，也称为左侧区域。左侧区域包括 FeatureManager 设计树、PropertyManager 属性框、ConfigurationManager 配置管理器、DimXpertManager 尺寸专家管理器和其他插件管理区（例如 PhotoView360 渲染管理器），用户可以通过左侧窗口顶部的命令进行切换。如图 1-16 所示，将鼠标移动至设计树的顶部命令按钮上就可以看到此命令按钮的介绍。

FeatureManager 设计树是 SolidWorks 软件中一个独特的部分。它形象地显示出零件或装

配体中的所有的特征。当一个特征创建好后，就被添加到 FeatureManager 设计树中，因此，FeatureManager 设计树显示出建模操作的先后顺序。通过 FeatureManager 设计树可以编辑零件中包含的特征（目标），如图 1-17 所示。

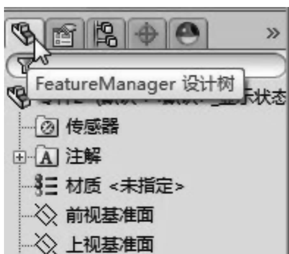


图 1-16　文件窗口的左侧区域

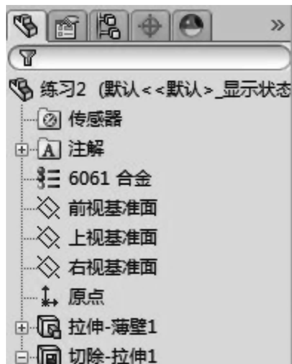


图 1-17　FeatureManager 设计树

默认情况下，许多 FeatureManager 项目（图标和文件夹）是隐藏的。在 FeatureManager 设计树窗口上方，只有一个文件夹【注解】是一直显示的。

单击【工具】/【选项】/【系统选项】/【FeatureManager】，使用下列三个设置值来控制他们的可见性，如图 1-18 所示。

【自动】：如果项目存在，则显示项目；否则，将隐藏项目。

【显示】：始终显示项目。

【隐藏】：始终隐藏项目。



图 1-18　【FeatureManager】选项设置

许多 SolidWorks 命令是通过 PropertyManager 属性框菜单执行的。PropertyManager 属性框菜单和 FeatureManager 设计树处于同样的位置，如图 1-19 所示。当【PropertyManager】菜单运行时，它自动代替【FeatureManager】设计树。

在 PropertyManager 属性框顶部排列的按钮为【确定】、【取消】和【预览】。

在顶部按钮的下面是一个或多个包含相关选项的选项组，用户可以根据需要将它们打开（展开）或关闭（收起），从而激活或不激活该选项组。

属性框右上角的问号指向 SolidWorks 帮助中与此命令相关的解释，单击可以打开帮助。

1.2.12　关联工具栏

关联工具栏是当用户在图形区域或 FeatureManager 设计树中选择某对象（基准面、模型表面、边线、特征）时，系统自动弹出的工具栏，便于用户对所选对象进行操作，如图 1-20 所示。当鼠标离开所选对象时，关联工具栏会自动隐藏。

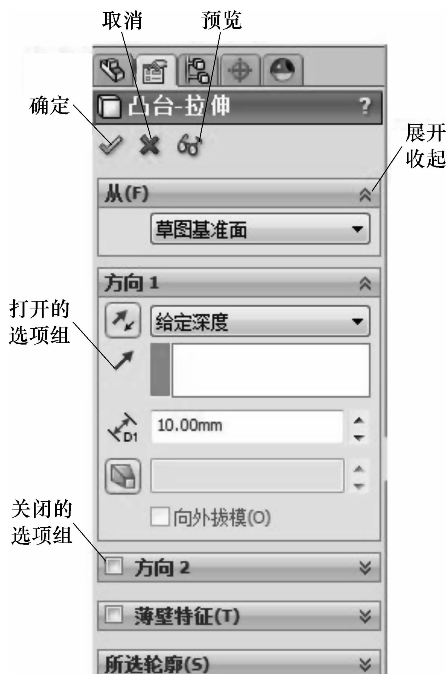


图 1-19　PropertyManager 属性框

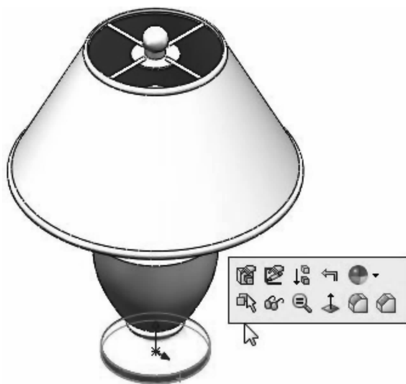


图 1-20　关联工具栏

1.2.13　CommandManager 命令管理器

CommandManager 命令管理器是一组非常实用的工具栏，可以单独执行一些明确的任务。例如，零件部分的工具栏包括几个选项卡，通过它们可以访问【草图】、【特征】等相关的命令，如图 1-21 所示。



图 1-21　CommandManager 命令管理器

添加及移除 CommandManager 命令管理器选项卡：右击任意一个选项卡然后通过单击来添加或移除其他的选项卡，如图 1-22 所示。



图 1-22　编辑 CommandManager 命令管理器

1.3　设定基本环境

在【工具】菜单中，【系统选项(S)-普通】对话框允许用户自定义 SolidWorks 的基本环境，例如绘图标准、个人习惯等，如图 1-23 所示。

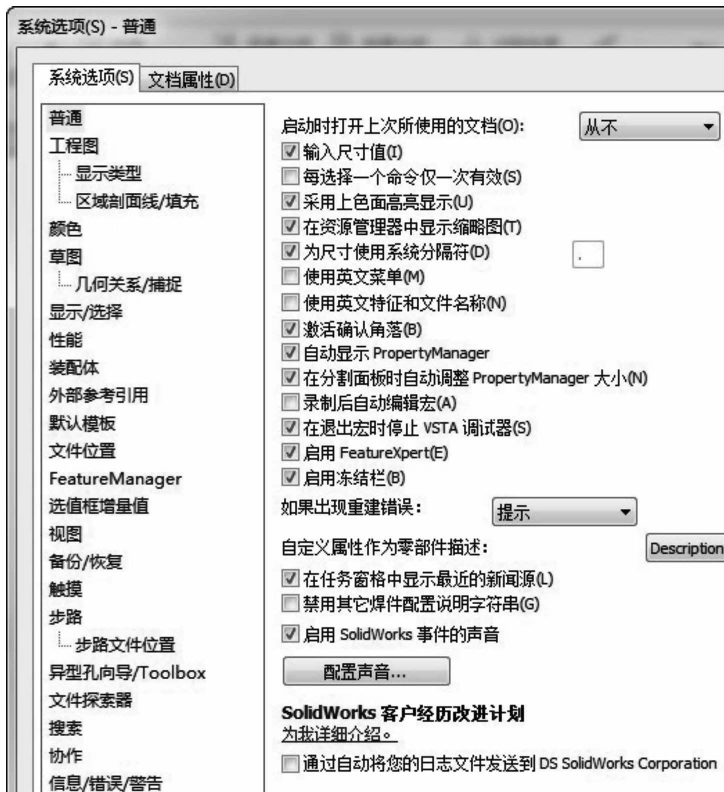


图 1-23　【系统选项(S)-普通】对话框

1.3.1　系统选项

系统设置允许用户控制和自定义工作环境，例如一些背景颜色、显示选择等。

在【系统选项】里更改的选项，一旦被保存后，将影响所有的 SolidWorks 文档（包括从其他途径获得的文档在这台计算机上打开后，也是使用更改后的选项）。因为是系统选项，所以同样的文件在不同的计算机上打开，一些显示也是不相同的。建议默认 SolidWorks 定义好的选项不要修改。修改之后如果想恢复，可以在【系统选项】中选择【重设】，恢复 Solid-



图 1-24　系统选项(S)-普通

Works 出厂设置。如图 1-24 ~ 图 1-33 所示为【系统选项】中一些功能选项的介绍。

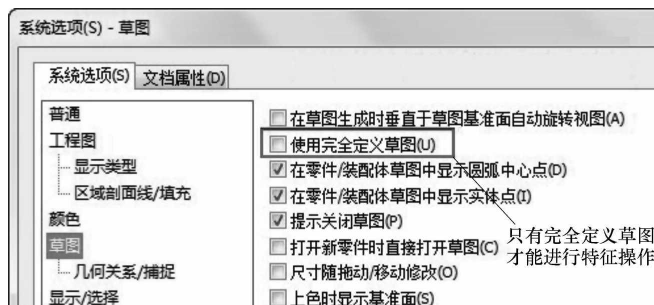


图 1-25　系统选项-草图

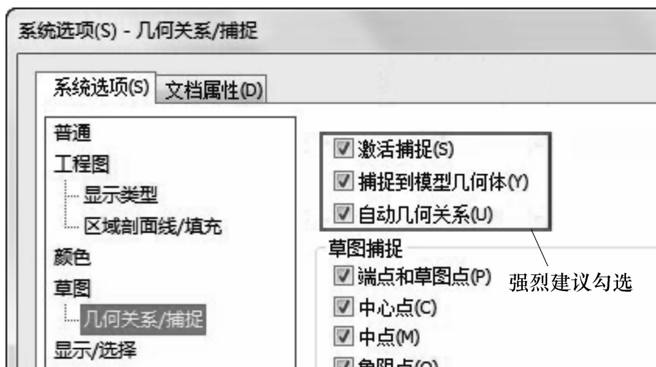


图 1-26　系统选项-几何关系/捕捉

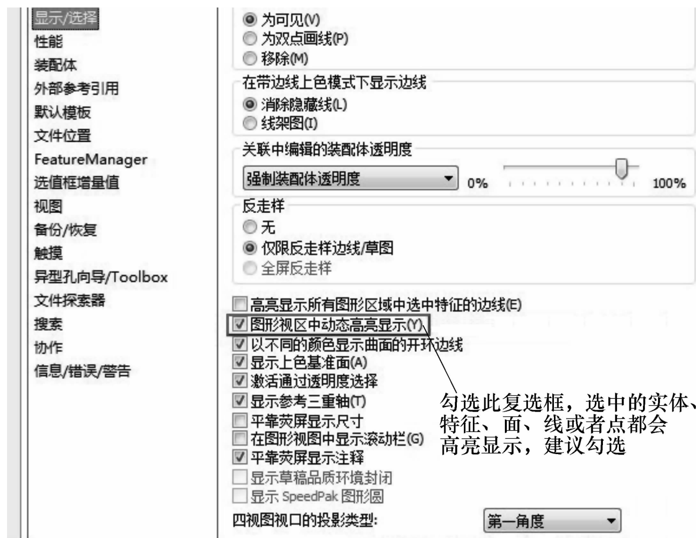


图 1-27　系统选项-显示/选择

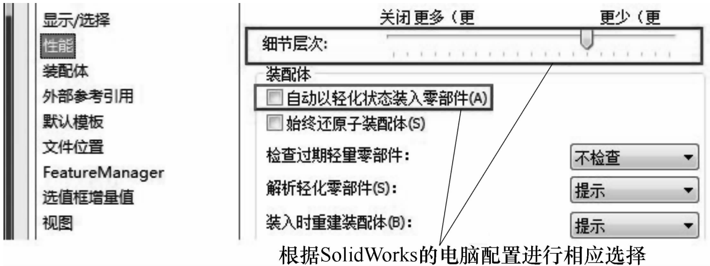


图 1-28　系统选项-性能

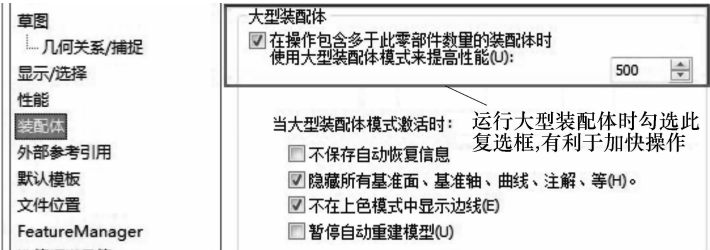


图 1-29　系统选项-装配体

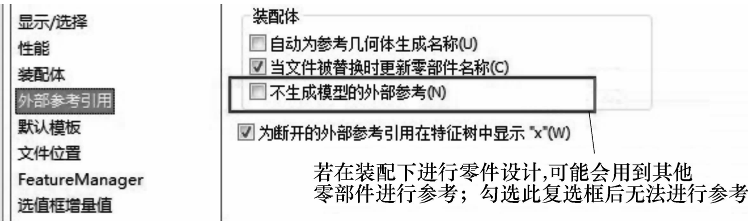


图 1-30　系统选项-外部参考引用

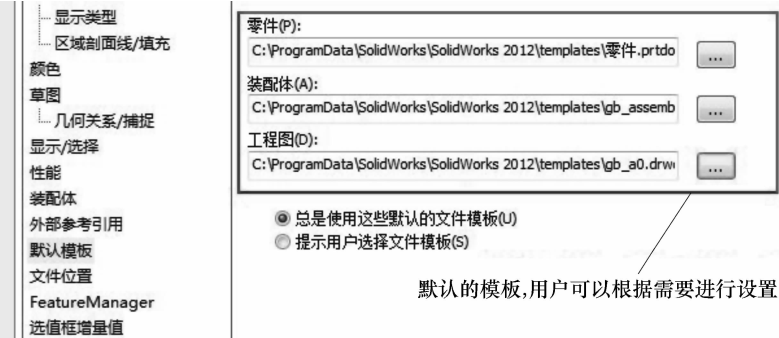


图 1-31　系统选项-默认模板



图 1-32　系统选项-文件位置



图 1-33　系统选项-异型孔向导/Toolbox

1.3.2　文档属性

文档属性中的设置可以应用到每一个文档中。例如【绘图标准】、【单位】等一些设置可以随文档一起保存，不会因为文档在不同的系统环境下打开而发生更改，如图 1-34 和图 1-35 所示。



一般在企业中，文档属性的一些选项都已定义好，所有员工使用统一的模板，不需要修改，而且企业的设计文件标准统一，便于管理。

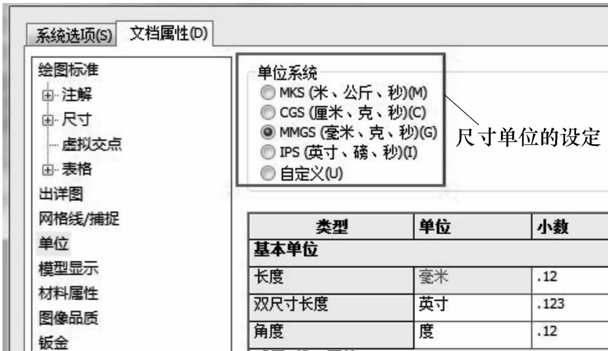


图 1-34　文档属性-单位



图 1-35　文档属性-图像品质

1.4　鼠标的应用

在 SolidWorks 中，鼠标的左、中、右键有着完全不同的意义。

左键：用于选择对象，如几何体、菜单按钮和 FeatureManager 设计树中的内容。

中键：用于动态地旋转、平移和缩放零件或装配体，平移工程图，见表 1-1。

右键：用于激活关联的快捷键菜单。

表 1-1　鼠标中键的应用

功　　能	按键操作方法
旋转视图	按住鼠标中键，拖动鼠标时，自由地旋转视图
平移视图	同时按住〈Ctrl〉键和鼠标中键，拖动鼠标平移视图
缩放视图	同时按住〈Shift〉键和鼠标中键，向前拖动鼠标即可放大视图，向后拖动缩小视图。也可旋转鼠标滚轮缩放视图，向前滚动放大视图，向后滚动缩小视图

1.5　常用快捷键

常用快捷键见表 1-2。

表 1-2　常用快捷键

快捷键	功　　能	快捷键	功　　能
Crtl + O	打开文件	Ctrl + 1	前视
Crtl + S	保存文件	Ctrl + 2	后视
Crtl + Z	撤销	Ctrl + 3	左视
方向键	旋转视图	Ctrl + 4	右视
Shift + 方向键	旋转视图	Ctrl + 5	上视
Alt + 方向键	绕垂直于屏幕的轴线旋转视图	Ctrl + 6	下视
Ctrl + 方向键	移动视图	Ctrl + 7	等轴测
Z	缩小	Ctrl + 8	正视于
Shift + Z	放大	F	整屏显示全图
空格键	调出视图选项对话框	G	局部放大

全部快捷键可以通过单击主菜单【工具】下的【自定义】，弹出【自定义】对话框，在【键盘】选项卡的【显示】下拉列表框中选择【带键盘快捷键的命令】，列出所有已经定义好的默认快捷键，如图 1-36 所示。



图 1-36　【自定义】对话框

1.6　课后小结

本章主要围绕 SolidWorks 作图环境进行介绍，包括界面分布、选项的设置、鼠标的应用和快捷键的使用等，学习了 SolidWorks 的基本操作。

第 2 章　草　　图

【学习目标】

- 创建新零件和草图
- 绘制草图
- 正确添加草图几何关系
- 使用草图工具完善草图
- 理解草图状态

2.1　概述

草图是三维造型的基础，绘制草图是创建零件的第一步。草图多是二维草图，也有三维草图。在创建二维草图时，必须先确定草图所依附的平面，即草图坐标系确定的坐标面，这样的平面可以是一种“可变的、可关联的、用户自定义的坐标面”。

本章将介绍二维草图的绘制方法,这是 SolidWorks 建模的基础,如图 2-1 所示为建模过程。

图 2-1　建模过程

2.2　草图实体

在 SolidWorks 中，一些特征是基于草图生成的，这些特征称为草图特征。草图特征有【拉伸】、【旋转】等。【草图绘制实体】及【草图工具】如图 2-2 和图 2-3 所示。

图 2-2　草图绘制实体

图 2-3　草图工具

每一个草图都有一些外形、尺寸或者方向的特性。

1. 新零件

可以通过不同的尺寸单位创建新零件，如英寸、毫米等，如图 2-4 所示。零件用于创建和形成实体模型。

2. 草图

草图是二维几何图形的组合，用于创建实体特征，如图 2-5 所示。



图 2-4 尺寸单位

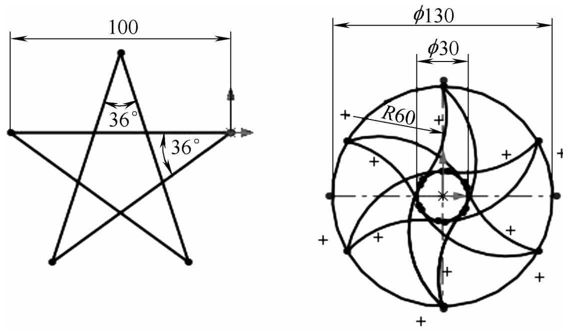


图 2-5 草图

3. 几何命令

通过各种二维几何元素，如直线、圆弧和矩形等形成草图的形状，表 2-1 中列出了一些常见的几何命令。

表 2-1 常见的几何命令

几何命令		示 例	说 明
直线	直线		绘制直线
	中心线		绘制中心线
矩形	边角矩形		绘制标准矩形
	中心矩形		通过指定中心点绘制矩形
	三点边角矩形		以三个角点绘制矩形
	三点中心矩形		以边线的中点和此线的一个端点绘制带有中心点的矩形
	平行四边形		绘制标准平行四边形

（续）

几何命令		示　例	说　明
槽口	直槽口		通过指定两个端点绘制直槽口
	中心点直槽口		通过指定中心点绘制直槽口
	三点圆弧槽口		用三点圆弧绘制圆弧槽口
	中心点圆弧槽口		用圆弧半径的中心点和两个端点绘制圆弧槽口
圆	圆		绘制基于中心的圆
	周边圆		绘制基于周边的圆
圆弧	圆心/起/终点圆弧		由圆心、起点和终点绘制圆弧
	切线弧		绘制与草图实体相切的圆弧
	三点圆弧		通过指定三个点（起点、终点和中点）绘制圆弧
椭圆	椭圆		绘制完整椭圆
	部分椭圆		绘制部分椭圆
	抛物线		绘制抛物线
	圆锥曲线		绘制圆锥曲线
样条曲线	样条曲线		绘制样条曲线
	曲面上的样条曲线		与曲面重合的样条曲线（只在 3D 草图中有效）
点			绘制一个点

4. 草图几何关系

几何关系，如【水平】和【垂直】，可用于绘制几何体，这些关系限制了草图实体的移动。在草图的绘制过程中正确添加几何关系可以缩短绘图时间且方便后期修改，表 2-2 中列出了一些常用的几何关系。

表 2-2　常用的几何关系

几何关系	添加前	添加后	几何关系	添加前	添加后
水平 一条或多条直线之间			重合 端点和直线之间		
水平 两个或多个点之间			合并 两个端点之间		
竖直 一条或多条直线之间			中点 直线和端点之间		
竖直 两个或多个点之间			共线 两条或多条直线之间		
平行 两条或多条直线之间			同心 两个或多个圆或圆弧之间		
垂直 两条直线之间			相切 两个圆或圆弧之间；一条直线与圆或圆弧之间		
相等 两条或多条直线之间			全等 两个或多个圆弧或圆之间		
相等 两个或多个圆弧或圆之间					

添加几何关系的方法很简单,在前面的介绍中已经提到SolidWorks是基于Windows基础环境下开发的一款软件,所以SolidWorks遵循了Windows的操作习惯,如在选择对象时按住〈Ctrl〉键可以选择多个元素。SolidWorks添加几何关系时也可以通过按住〈Ctrl〉键选择需要添加关系的元素,然后在文件窗口的左侧区域属性框中选择需要添加的几何关系,如图2-6所示;也可以在选择元素后右击,通过关联工具栏选择需要添加的几何关系,如图2-7所示。

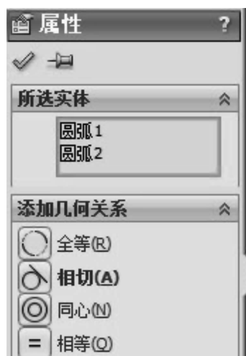


图2-6 通过属性框添加几何关系

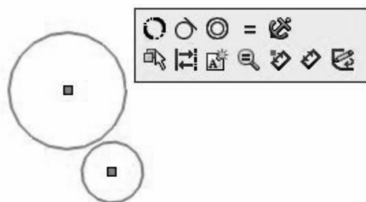


图2-7 通过关联工具栏添加几何关系

5. 草图状态

每个草图都有一个状态来决定它可否使用,这些状态包括:欠定义、完全定义或者过定义,如图2-8(图中水平线为黑色,其余线条均为蓝色)、图2-9(图中所有线条均为黑色)和图2-10(图中所有线条均为黄色)所示。



图2-8 草图状态“欠定义”

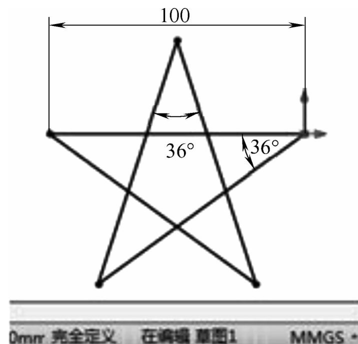


图2-9 草图状态“完全定义”

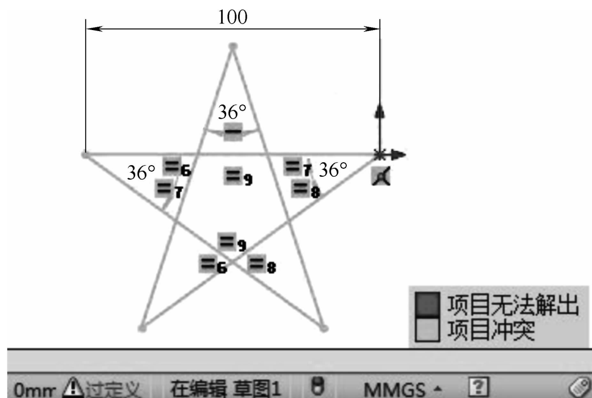


图2-10 草图状态“过定义”

2.3 草图工具

草图工具是用来修改已经创建好的草图几何体,这些工具包括【绘制圆角】、【绘制倒角】、【剪裁】、【延伸】、【等距实体】、【镜像】、【动态镜像】、【线性阵列】和【圆周阵列】等。

1. 【绘制圆角】和【绘制倒角】

(1)【绘制圆角】 【绘制圆角】工具可以在两个草图实体的交叉处剪裁掉角部，并生成一个切线弧。

首先在打开的草图中，单击【草图】工具栏上的【绘制圆角】按钮，出现【绘制圆角】属性框，在【半径】文本框中输入半径值。选中要圆角化的实体并勾选【保持拐角处约束条件】复选框，如图 2-11 所示，其中深色圆角为预览圆角。然后用户可以通过属性框中的按钮✓或×来保留或者取消圆角，也可以在图形窗口中右上角选择，如图 2-11 所示。

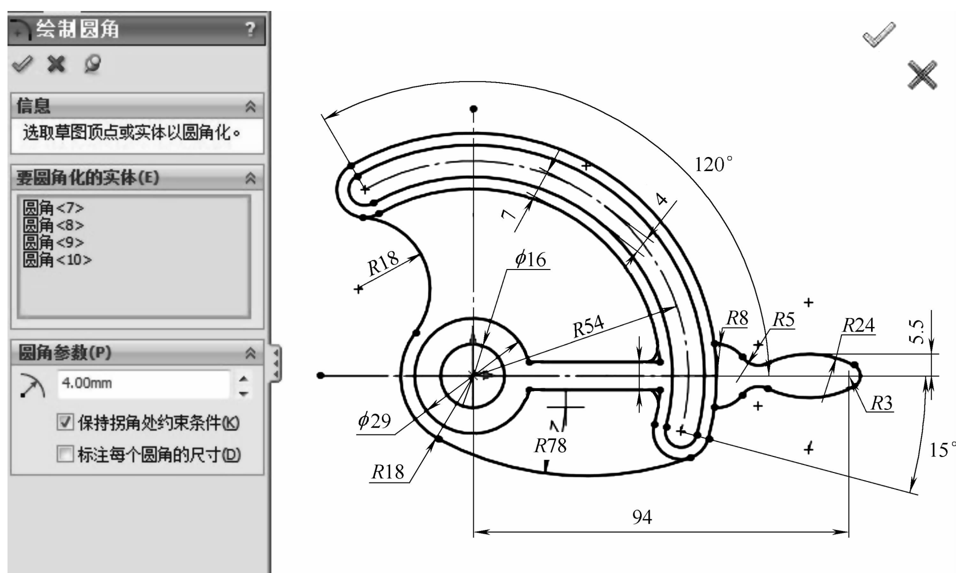


图 2-11 【绘制圆角】属性框及确认角



在选择要圆角化的实体时可以选择两条边，也可以直接选中两条直线的交点，如图 2-12 所示。

(2)【绘制倒角】 【绘制倒角】工具可以在两个相邻的草图实体间添加倒角。

首先在打开的草图中，单击【草图】工具栏上的【绘制倒角】按钮，出现【绘制倒角】属性框，如图 2-13 所示。

根据图 2-13，可以看出倒角分为【角度距离】、【距离-距离】、【相等距离】三个选项。通过这三种选项实现不同的倒角创建方法。

1）【角度距离】：选中【角度距离】

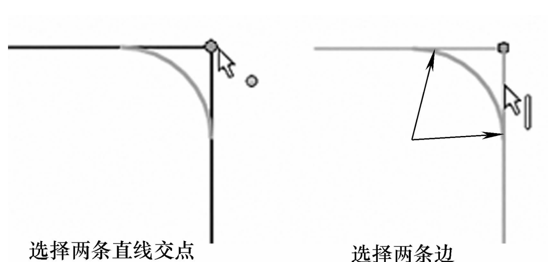


图 2-12 圆角选择方式

单选按钮，并分别输入距离和角度，然后再选中需要做倒角的两条直线（先选择的一条边为长度距离），生成倒角，如图 2-14 所示。



图 2-13　【绘制倒角】属性框

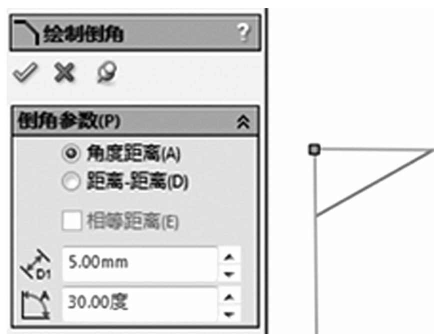


图 2-14　【角度距离】倒角

2）【距离-距离】：选中【距离-距离】单选按钮，并分别输入两个距离，然后再选中需要做倒角的两条直线（先选择的一条边为第一个距离），生成倒角，如图 2-15 所示。

3）【相等距离】：选中【距离-距离】单选按钮并勾选【相等距离】复选框，输入一个距离，然后再选中需要做倒角的两条直线，生成倒角，如图 2-16 所示。

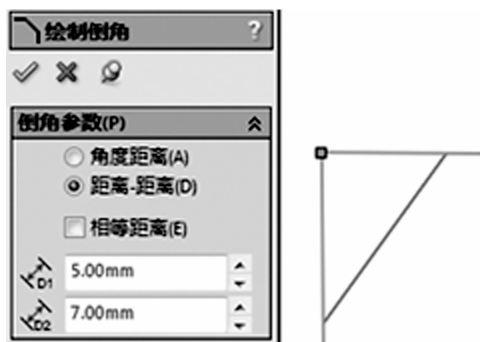


图 2-15　【距离-距离】倒角

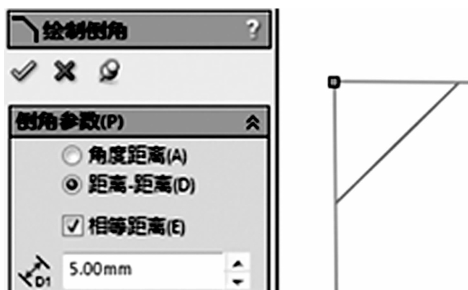


图 2-16　【相等距离】倒角

2.【剪裁】和【延伸】

在 SolidWorks 中，【剪裁】包括五种方式：【强劲剪裁】、【边角】、【在内剪除】、【在外剪除】和【剪裁到最近端】，如图 2-17 所示。经常用到的是【强劲剪裁】和【剪裁到最近端】两种方式。

（1）【强劲剪裁】　单击【强劲剪裁】按钮，在图形区的草图中，按下鼠标左键且不松开并移动光标，使其通过需要删除的线段，只要是光标轨迹经过的线段，都会被删除，如图 2-18 所示为剪裁前后的示意图。

【强劲剪裁】不仅有剪裁功能，还具有延伸功能，如图 2-19 所示。

（2）【边角】　【边角】用于延伸或剪裁两个草图实体，直到它们在边角处相交。单击【边角】按钮，选择需要结合的两个草图实体（对于十字交叉线段，选择第二个实体时注意选择的线段是保留的部分）。几种常见的边角剪裁形式如图 2-20 ~ 图 2-22 所示。

（3）【在内剪除】　剪除位于两个边界实体内都相交或全不相交的草图实体。单击【在

内剪除】按钮，先选择两个边界草图实体（两条水平线段），然后选择要剪除的草图实体，与边界实体（两条水平线段）仅一边相交的线段将无法剪除，如图 2-23 所示。



图 2-17　剪裁方式

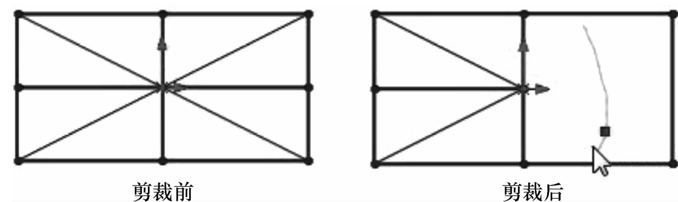


图 2-18　强劲剪裁

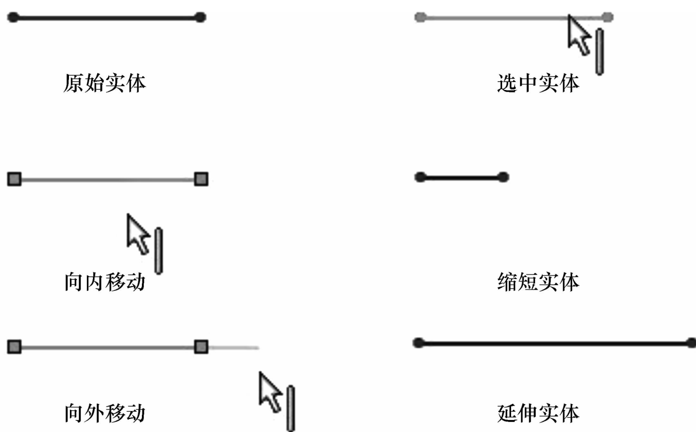


图 2-19　强劲剪裁的延伸功能

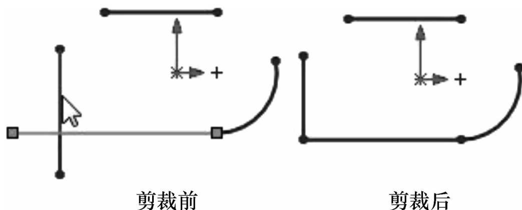


图 2-20　边角剪裁

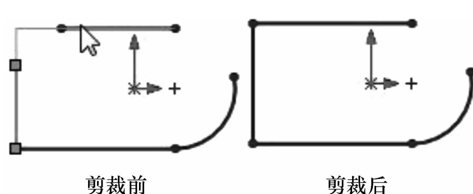


图 2-21　边角剪裁

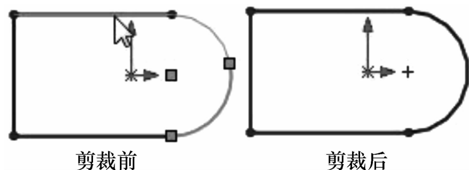


图 2-22　边角剪裁

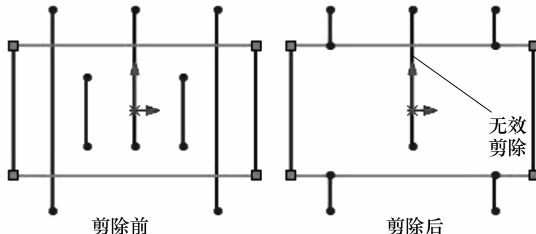


图 2-23　在内剪除

（4）【在外剪除】　剪裁位于两个边界实体外打开的草图实体，同时也能延伸位于两个边界实体内打开的草图实体。单击【在外剪除】按钮，先选择两个边界草图实体，然后选择要剪除的草图实体，如图 2-24 所示。

（5）【剪裁到最近端】　单击【剪裁到最近端】按钮，光标变成状，然后单击需要

删除的线段，只需要单击实体就可以将其删除至最近的交点，如图 2-25 所示。在草图中激活【剪裁到最近端】，单击选取实体端点，移动鼠标可延伸实体，如图 2-26 所示。

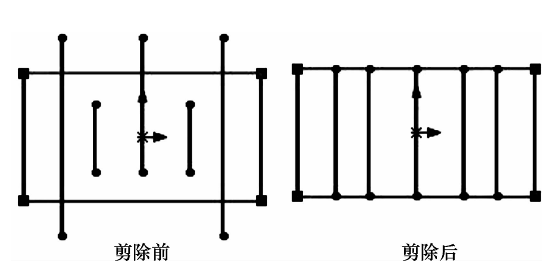


图 2-24　在外剪除

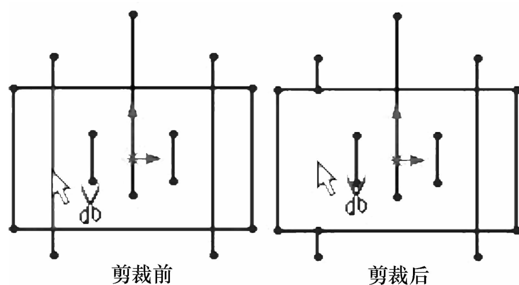


图 2-25　剪裁到最近端（删除实体）

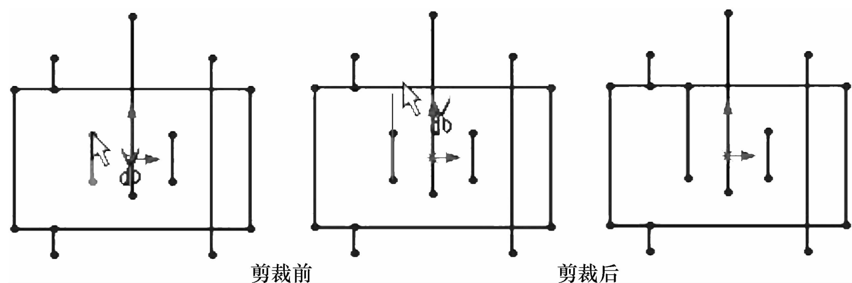


图 2-26　剪裁到最近端（延伸实体）

3.【等距实体】

【等距实体】是将已有草图实体沿其法向偏移一段距离。

首先在打开的草图中，单击【草图】工具栏上的【等距实体】按钮，出现【等距实体】属性框，如图 2-27 所示。

（1）【添加尺寸】复选框　可以为等距草图元素选择是否添加上等距距离标注，如图 2-28 所示的尺寸 5mm。



图 2-27　【等距实体】属性框

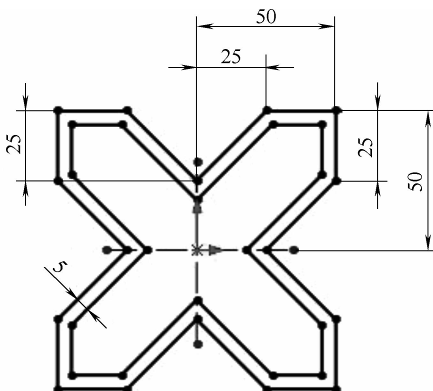


图 2-28　等距实体添加尺寸

（2）【反向】复选框　可以为等距的草图元素选择偏移方向，如图 2-29 和图 2-30 所示。

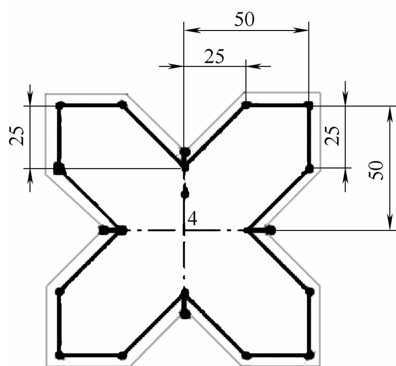


图 2-29　未勾选【反向】复选框的等距实体

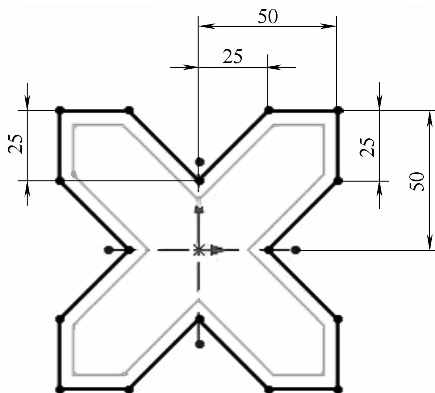


图 2-30　勾选【反向】复选框的等距实体

（3）【选择链】复选框　可以为等距的草图元素选择等距单一元素还是整体相连的元素，如图 2-31 和图 2-32 所示。

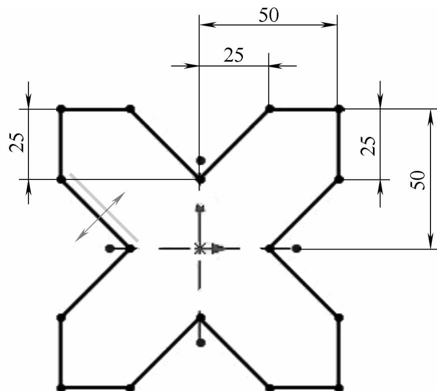


图 2-31　未勾选【选择链】复选框的等距实体

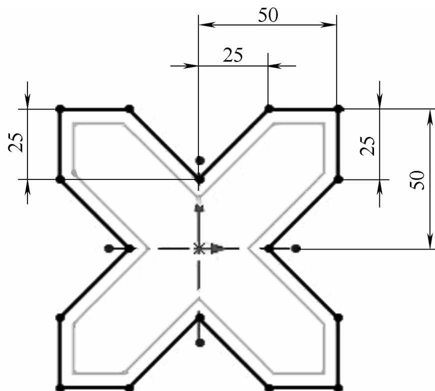


图 2-32　勾选【选择链】复选框的等距实体

（4）【双向】复选框　可以为等距的草图元素选择是否向两侧同时等距，如图 2-33 和图 2-34 所示。

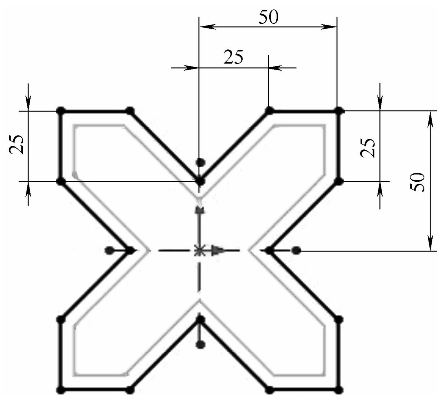


图 2-33　未勾选【双向】复选框的等距实体

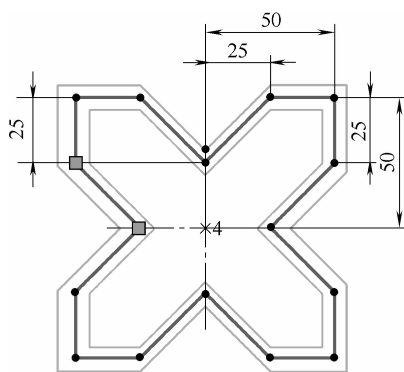


图 2-34　勾选【双向】复选框的等距实体

（5）【制作基体结构】复选框　可以将等距草图元素的源元素制作成构造线，如图 2-35 和图 2-36 所示。

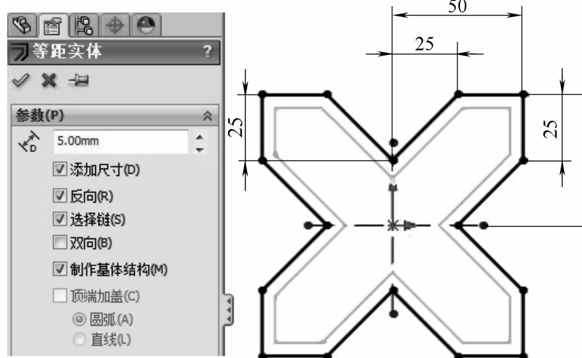


图 2-35　未勾选【制作基体结构】复选框的草图

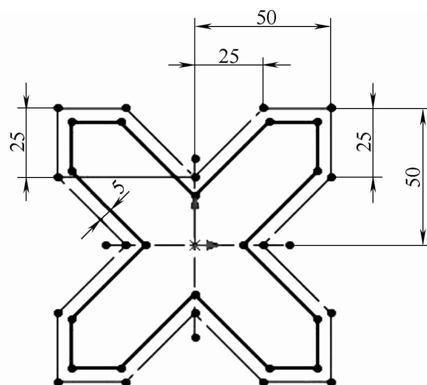


图 2-36　勾选【制作基体结构】复选框完成的草图

（6）【顶端加盖】复选框　只有在【双向】复选框激活且等距草图元素轮廓不闭合的情况下才会激活，【顶端加盖】可以将等距元素形成一个封闭的轮廓，可以选择【圆弧】或【直线】形式来封闭轮廓，如图 2-37 和图 2-38 所示。

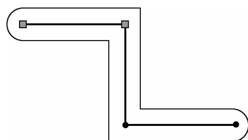


图 2-37　圆弧顶端加盖的等距实体

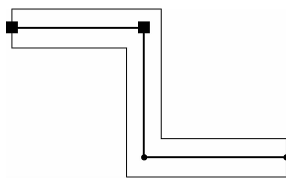


图 2-38　直线顶端加盖的等距实体

4. 【镜像】

【镜像】用来镜像预先绘制好的草图实体。SolidWorks 会在每一对相应的草图点（镜像直线的端点、圆弧的圆心等）之间应用【对称关系】。如果更改被镜像的草图实体，则其镜像图像也会随之更改。

首先在打开的草图中，单击【草图】工具栏上的【镜像】按钮出现【镜像】属性框，如图 2-39 所示。

激活【要镜像的实体】列表框，再选择要镜像的某些元素或所有草图元素，如图 2-40 所示。

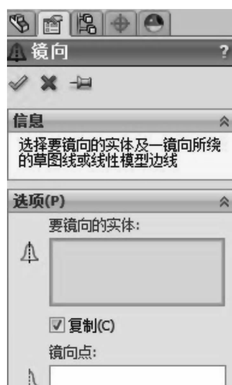
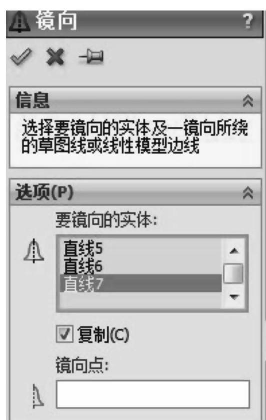


图 2-39　【镜像】属性框



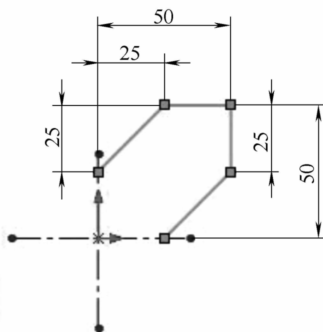


图 2-40　【要镜像的实体】列表框

激活【镜像点】列表框，再选择镜像所绕的任意中心线、直线、模型线性边线或工程图线性边线，如图 2-41 所示，选择中心线。

勾选【复制】复选框，【镜像】结果包括源元素和镜像元素，如图 2-42 所示；取消勾选【复制】复选框，【镜像】结果仅为镜像元素，如图 2-43 所示。



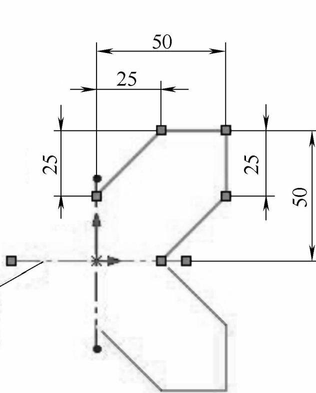


图 2-41 【镜像点】列表框

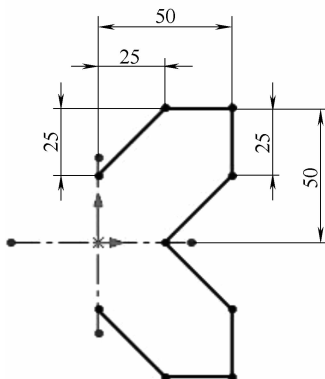


图 2-42 勾选【复制】复选框

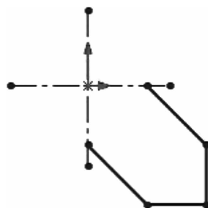


图 2-43 取消勾选【复制】复选框

5. 【动态镜像】

【动态镜像】先选择镜像的【镜像点】，然后绘制要镜像的草图元素。

首先在打开的草图中，单击【工具】/【草图工具】/【动态镜像】按钮选择镜像中心线，此时在实体元素的上下方会出现“ = ”号，然后在对称线的一侧绘制草图元素，草图元素会自动生成对称的图形，如图 2-44 所示。

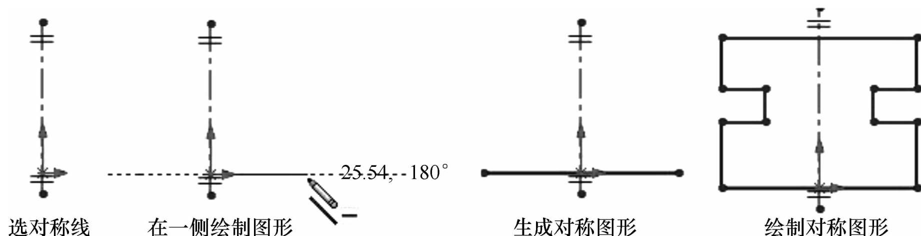


图 2-44 动态镜像过程

6. 【线性阵列】

【线性阵列】可以将草图元素按照一定的规律线性排列。

首先在打开的草图中，单击【草图】工具栏上的【线性阵列】按钮出现【线性阵列】属性框，如图2-45所示。

（1）【方向1】选项组

1）【反向】按钮。默认方向为X轴方向，单击【反向】按钮可以调整阵列元素的方向。

2）【间距】文本框。在【间距】文本框 30mm 内可以输入阵列元素的距离；勾选【标注X间距离】复选框可以为阵列好的元素添加上设置好的距离30mm。

3）【实例数】文本框。在【实例数】文本框 3 内可以输入一个数值，这个数值代表了阵列的个数，阵列个数是包括阵列元素在内的个数，如图2-46所示。



图2-45 【线性阵列】属性框

4）【角度】文本框。在【角度】文本框 30度 内输入一个数值可以使阵列元素按照一定的角度阵列，如图2-47所示。

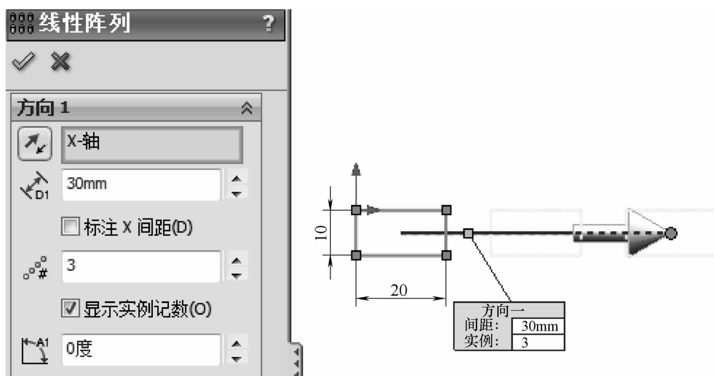


图2-46 阵列实例数

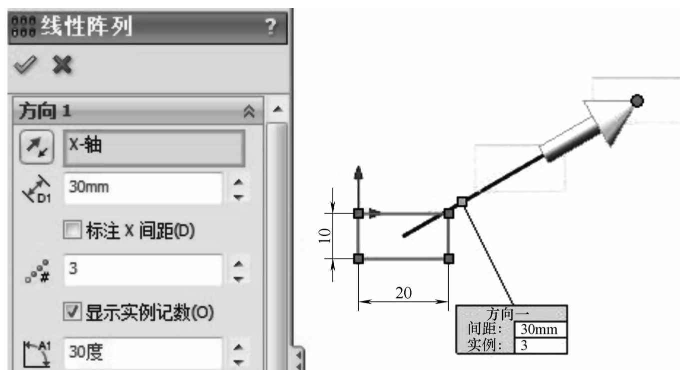


图2-47 阵列角度

（2）【方向 2】选项组　【方向 2】选项组的设置和【方向 1】选项组的设置完全一样，可以让实体在 Y 方向产生阵列。

（3）【要阵列的实体】列表框　激活【要阵列的实体】列表框，选择要阵列的草图元素后会在【要阵列的实体】列表框中列出所选择的草图元素，如要删减可以直接在【要阵列的实体】列表框中选中并删除，如图 2-48 所示。

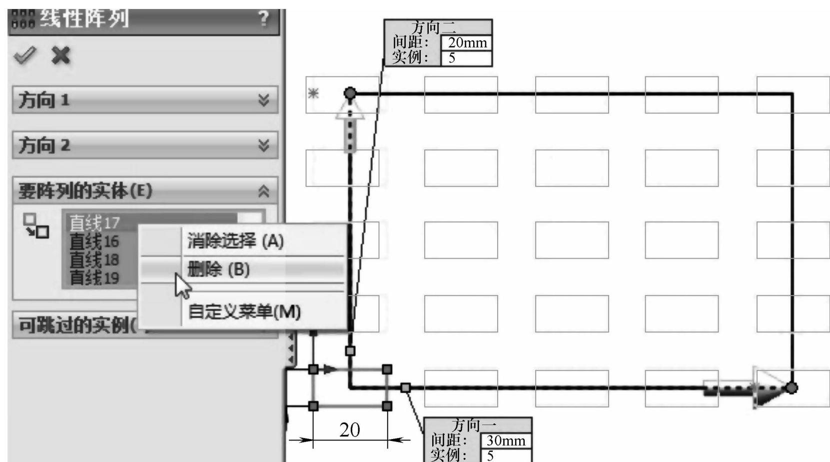


图 2-48　删除要阵列的实体

（4）【可跳过的实例】列表框　激活【可跳过的实例】列表框后可以在草图中选择不需要阵列的草图元素（单击草图元素中心的圆点），如图 2-49 所示；如想将不需要阵列的草图再次显示，可以在【可跳过的实例】列表框中选择需要恢复的实例并删除，如图 2-50 所示。

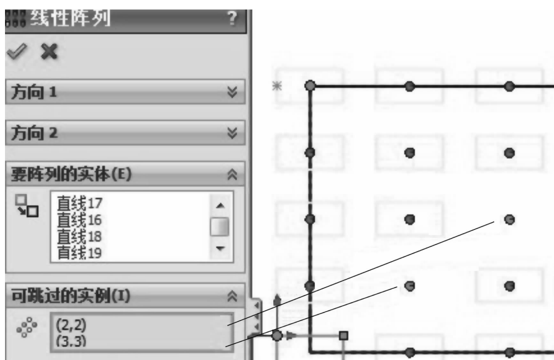


图 2-49　选择可跳过的实例

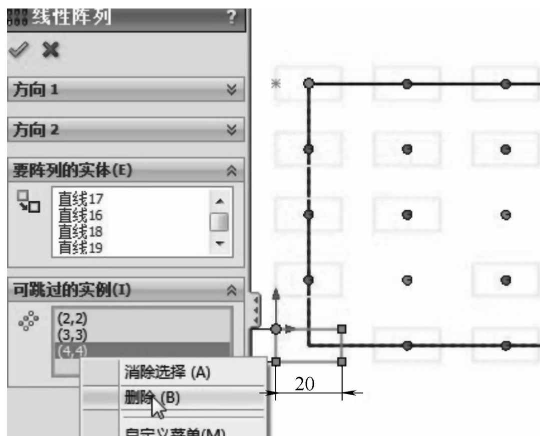


图 2-50　消除可跳过的实例

7.【圆周阵列】

【圆周阵列】可以将草图中的草图元素生成圆周排列。

首先在打开的草图中，单击【草图】工具栏上的【圆周阵列】按钮，出现【圆周阵

列】属性框，如图 2-51 所示。

（1）【参数】选项组

1）【反向】按钮。单击【反向】按钮可以调整阵列元素的方向；激活【反向】后面的选择框，可以选择一个点作为草图圆周阵列的参考中心点，如图 2-52 所示。



图 2-51　【圆周阵列】属性框



图 2-52　圆周阵列中心点

2）【中心点 X】文本框。在【中心点 X】文本框内输入数值以定位圆周阵列的中心点或顶点的 X 轴坐标，如图 2-53a 所示。

3）【中心点 Y】文本框。在【中心点 Y】文本框内输入数值以定位圆周阵列的中心点或顶点的 Y 轴坐标，如图 2-53b 所示。



a) 中心点X　　b) 中心点Y

图 2-53　圆周阵列坐标定位中心点

4）【间距】文本框。在【间距】文本框内可以输入阵列草图元素的角度：如果取消勾选【等间距】复选框，则角度值为阵列相邻草图元素之间的角度，如图 2-54 所示；如果勾选【等间距】复选框，则角度值为阵列中第一个和最后一个草图元素之间的角度，如图 2-55 所示。



【等间距】复选框和【标注角间距】复选框不能同时勾选。

勾选【标注半径】复选框，可以为阵列好的草图元素标注上设置好的半径；勾选【标注角间距】复选框，可以为阵列好的草图元素标注上设置好的角度。

（2）【要阵列的实体】选项组　【要阵列的实体】选项组的设置和线性阵列里的【要阵

列的实体】选项组设置一样。

（3）【可跳过的实例】选项组　【可跳过的实例】选项组的设置和线性阵列里【可跳过的实例】选项组设置一样。

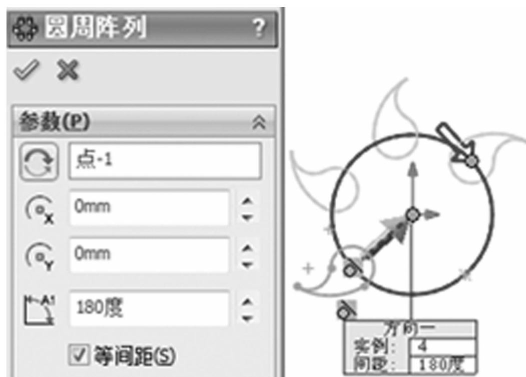



图 2-54　取消勾选【等间距】复选框

图 2-55　勾选【等间距】复选框

2.4　草图定义方式

草图是三维建模的基础，对草图的定义直接表达了设计意图，设计者必须在建模之前考虑好设计意图。草图定义可以通过以下几种方式体现。

2.4.1　自动（草图）几何关系

根据草图绘制的方式，可以加入基本的几何关系，例如【平行】、【垂直】、【水平】和【竖直】等。

2.4.2　方程式

方程式用于创建尺寸之间的代数关系，它提供了一种强制修改模型的外部方法，如图 2-56 所示。



图 2-56　方程式

2.4.3　添加约束关系

创建模型时手动添加约束关系，这些约束关系提供了与相关几何体进行约束的另一种方式，包括【同心】、【相切】、【重合】和【共线】等（见表 2-2）。

2.4.4　尺寸

草图中的尺寸标注方式同样可以体现设计意图。添加的尺寸某种程度上也反映了设计人员打算如何修改尺寸，具体尺寸标注命令如图 2-57 所示。

1. 标注尺寸的方法

单击【草图】工具栏上的【智能尺寸】按钮，鼠标指针变为，进行尺寸标注。按<Esc>键，或再次单击【智能尺寸】按钮，退出尺寸标注。

（1）线性尺寸的标注　线性尺寸一般分为【水平尺寸】、【竖直尺寸】和【平行尺寸】三种。一般使用【智能尺寸】命令，系统会根据鼠标指针位置自动切换三种不同类型。

1）启动智能尺寸命令后，移动鼠标到需要标注尺寸的直线位置附近，当光标形状为时，表示系统捕捉到直线，如图 2-58a 所示，单击鼠标选取直线。

2）移动鼠标，将拖出线性尺寸，当尺寸成为如图 2-58b 所示的水平尺寸时，在尺寸放置的合适位置单击鼠标，确定所标注尺寸的位置，同时弹出【修改】对话框。

3）在【修改】对话框中输入尺寸数值，如图 2-58c 所示。

4）单击按钮，完成该线性尺寸的标注，如图 2-58d 所示。

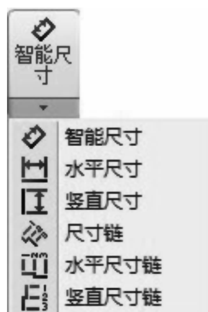
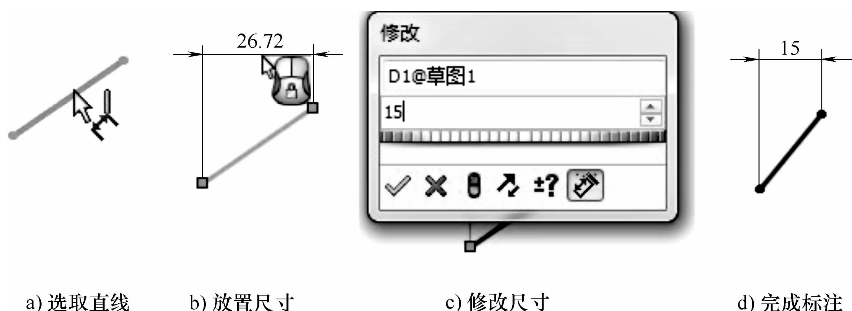


图 2-57　尺寸标注命令



a) 选取直线　b) 放置尺寸　c) 修改尺寸　d) 完成标注

图 2-58　线性尺寸的标注（水平尺寸）

当需标注竖直尺寸或平行尺寸时，只要在选取直线后，移动鼠标拖出竖直或平行尺寸，如图 2-59 所示。



选取直线　放置尺寸　修改尺寸　完成标注

图 2-59　线性尺寸的标注（竖直尺寸）

（2）角度尺寸的标注　角度尺寸分为两种：一种是两直线间的角度尺寸，另一种是直线与点间的角度尺寸。

1）启动智能尺寸命令后，移动鼠标，分别单击选取需标注角度尺寸的两条边。

2）移动鼠标，拖出角度尺寸，鼠标位置不同，将得到不同的标注形式。

3）单击鼠标，确定角度尺寸的位置，同时弹出【修改】对话框。

4）在【修改】对话框中输入尺寸数值。

5）单击按钮✓，完成该角度尺寸的标注，如图 2-60 所示。

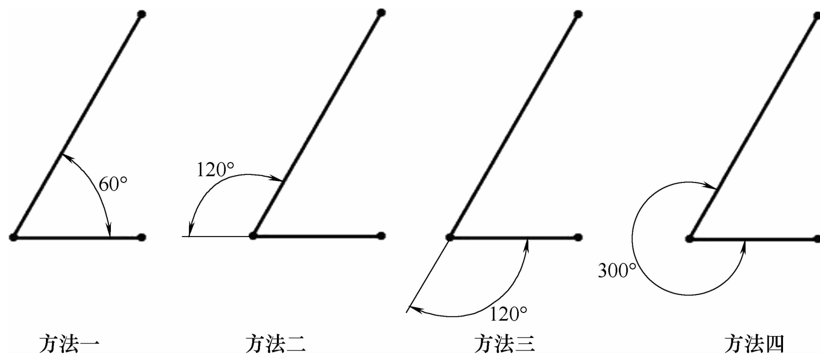


图 2-60　角度的四种标注方法

当需标注直线与点的角度时，不同的选取顺序，会导致尺寸标注形式的不同，一般的选取顺序是：直线一个端点→直线另一个端点→点。如图 2-61 所示。

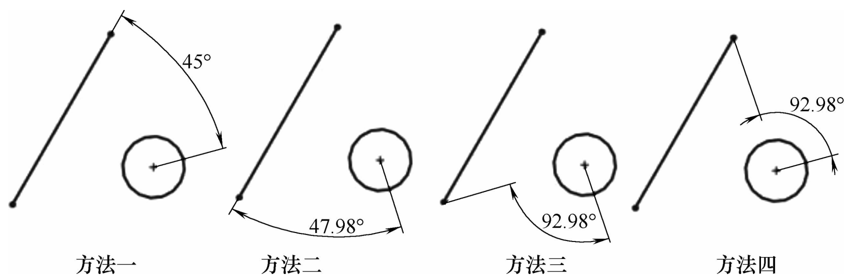


图 2-61　直线与点的角度标注

（3）圆弧尺寸的标注　圆弧尺寸的标注分为标注圆弧半径、标注圆弧的弧长和标注圆弧对应弦长的线性尺寸。

1）圆弧半径的标注。直接单击圆弧，如图 2-62a 所示。拖出半径尺寸后，在合适位置单击鼠标放置尺寸，如图 2-62b 所示。同时弹出【修改】对话框，在【修改】尺寸对话框中输入尺寸数值，如图 2-62c 所示。单击按钮✓，完成该圆弧半径尺寸的标注，如图 2-62d 所示。

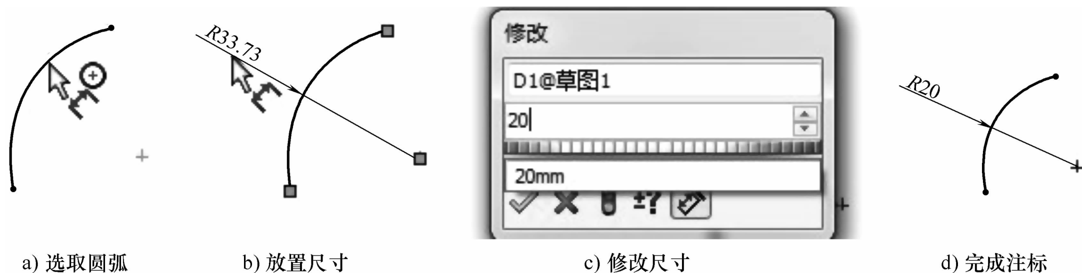


图 2-62　圆弧半径的标注方法

2）圆弧弧长的标注。分别选取圆弧的两个端点，如图 2-63a 所示。再选取圆弧，如图 2-63b 所示，此时，拖出的尺寸即为圆弧弧长。在合适位置单击鼠标，确定尺寸的位置，如图 2-63c 所示。同时弹出【修改】对话框，在【修改】对话框中输入尺寸数值，如图 2-63d

所示。单击按钮✓，完成该圆弧弧长尺寸的标注，如图2-63e所示。

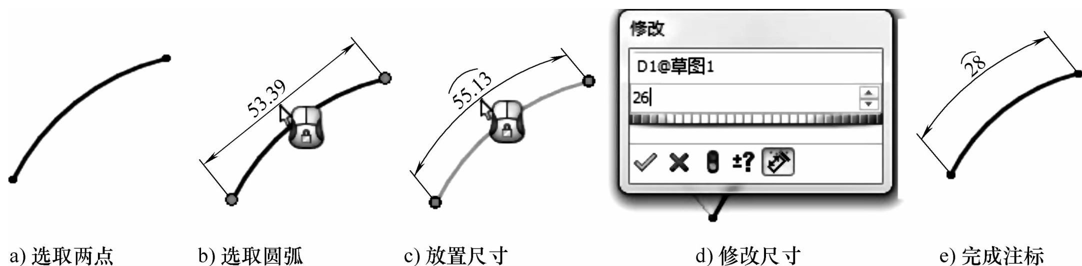


图2-63　圆弧弧长的标注

3）圆弧对应弦长的标注。分别选取圆弧的两个端点，拖出的尺寸即为圆弧对应弦长的线性尺寸，单击鼠标确定尺寸位置，同时弹出【修改】对话框，在【修改】对话框中输入尺寸数值，单击按钮✓，完成该圆弧对应弦长的尺寸标注，如图2-64所示。

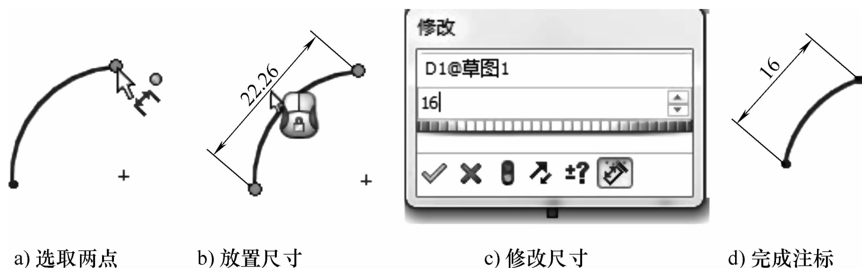


图2-64　圆弧对应弦长的标注

（4）圆的标注　圆的标注和线性尺寸的标注一样。

（5）中心距的标注

1）启动标注尺寸命令后，移动鼠标，单击选取需标注中心距尺寸的两个圆，如图2-65a所示。

2）移动鼠标，拖出中心距尺寸，如图2-65b所示。单击鼠标，确定角度尺寸的位置，同时弹出【修改】对话框。

3）在【修改】对话框中输入尺寸数值，如图2-65c所示。

4）单击按钮✓，完成该中心距尺寸的标注，如图2-65d所示。

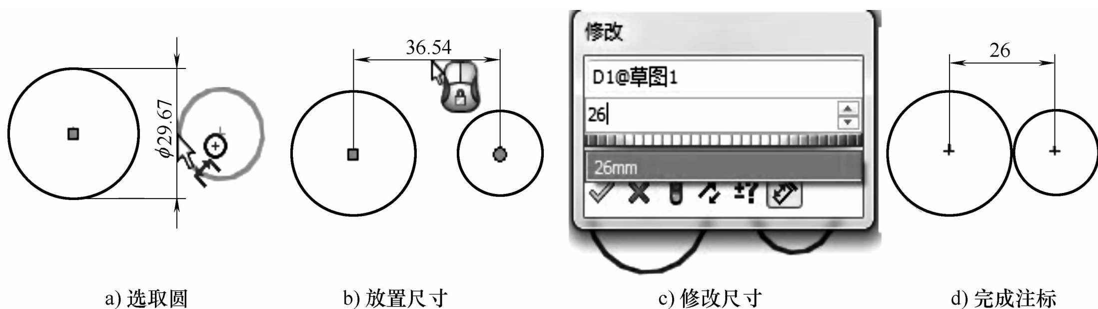


图2-65　中心距的标注

（6）同心圆的标注

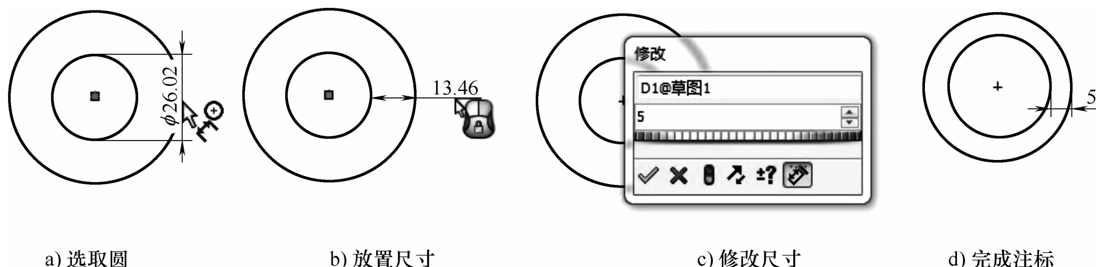
1）启动标注尺寸命令后，移动鼠标，单击选取第一个圆，然后单击选取第二个圆，如图 2-66a 所示。

2）右击可锁定尺寸线在该方向的位置。

3）单击以放置尺寸，如图 2-66b 所示。

4）在【修改】对话框中输入尺寸数值，如图 2-66c 所示。

5）单击按钮✔，完成尺寸的标注如图 2-66d 所示。



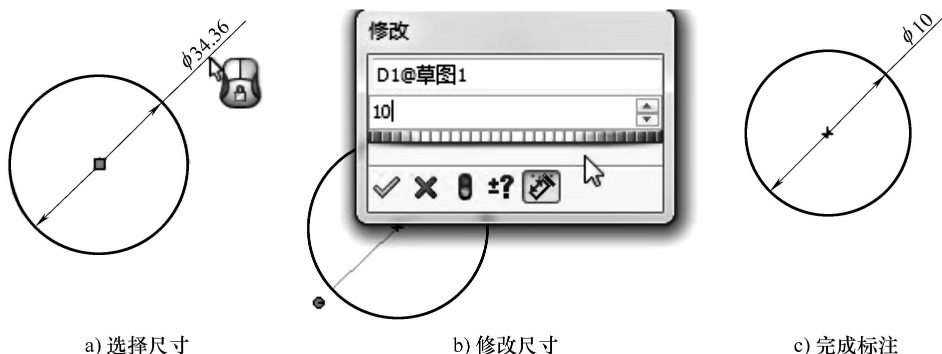
a) 选取圆　b) 放置尺寸　c) 修改尺寸　d) 完成注标

图 2-66　同心圆的标注

2. 修改尺寸

在绘制草图的过程中，为了得到需要的图形常常需要修改尺寸。

在草图绘制状态下，移动鼠标至需修改数值的尺寸附近，当尺寸被以高亮显示，且光标形状为时，双击鼠标，弹出【修改】对话框，在【修改】对话框中输入尺寸数值，单击按钮✔，完成尺寸的修改，如图 2-67 所示。



a) 选择尺寸　b) 修改尺寸　c) 完成标注

图 2-67　尺寸修改

3. 修改尺寸属性

选择一标注好的尺寸，在窗口的左侧区域出现【尺寸】属性框，如图 2-68 所示，可以根据要求对尺寸属性进行修改。

4. 草图状态

（1）欠定义　草图定义不充分，欠定义的草图元素是蓝色的（默认设置）。当绘制好草图时，还可以拖动草图元素来更改其形状或位置。在图形窗口中，黑色线条固定到原点，但可拖动蓝色线条。蓝色表示实体未固定，淡蓝色表示实体被选择。在图 2-69 状态栏可以看

到当前草图状态。

（2）完全定义　草图具有完整的信息，完全定义的草图元素是黑色的（默认设置）。当零件设计成熟，开始加工时，每一个草图元素都应该为完全定义状态。如图 2-70 所示，添加尺寸到顶部和右侧可固定矩形所有侧边的大小，因为原点固定住了左侧和下方边线的关系，当插入尺寸时，由水平与垂直推算出相对的两条直线段相等，所有实体变成黑色，表示矩形已完全定义。



图 2-68　【尺寸】属性框



图 2-69　欠定义草图

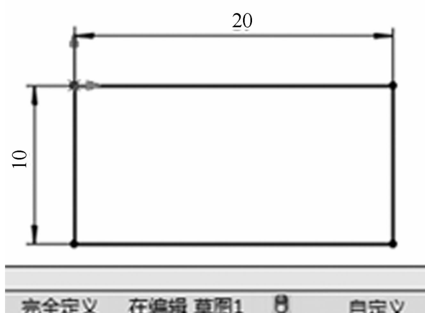


图 2-70　完全定义草图

（3）过定义　草图中有重复尺寸或有相冲突的几何关系，过定义的草图元素是黄色的（默认设置）。如图 2-71 所示，草图存在冗余尺寸，黄色矩形为过定义状态。当插入尺寸时，有两个尺寸驱动同一几何体应为无效，此时会弹出一对话框，提示用户是否将多余尺寸指定为从动，如果将多余尺寸指定为从动，则视图还是完全定义；如果指定为驱动则视图为过定义。过定义的尺寸将导致草图驱动模型失效，欠定义的尺寸则不能完全表达设计者的设计意图，为避免建模后期出现意想不到的错误，建议每个草图都是完全定义状态。

5. 尺寸标注中的设计意图

1）无论矩形的尺寸如何变化，两个孔始终与边界保持相应距离，如图 2-72 所示。

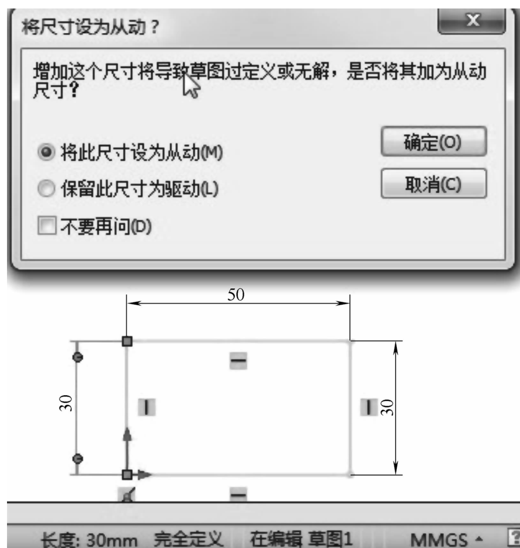


图 2-71　过定义草图

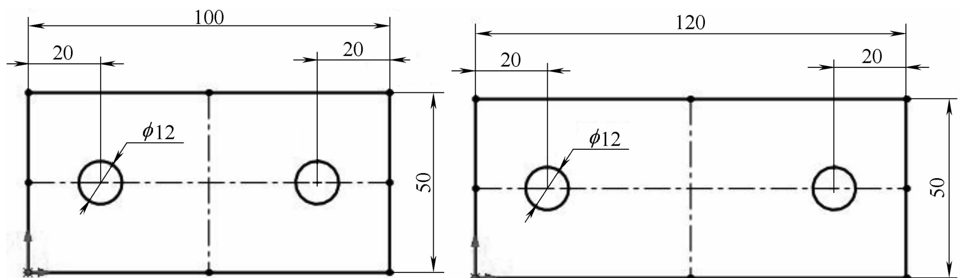


图 2-72　尺寸标注设计意图一

2）两个孔以矩形左侧为基准进行标注，尺寸标注将使孔相对于矩形的左侧定位，孔位置不受矩形整体宽度的影响，如图 2-73 所示。

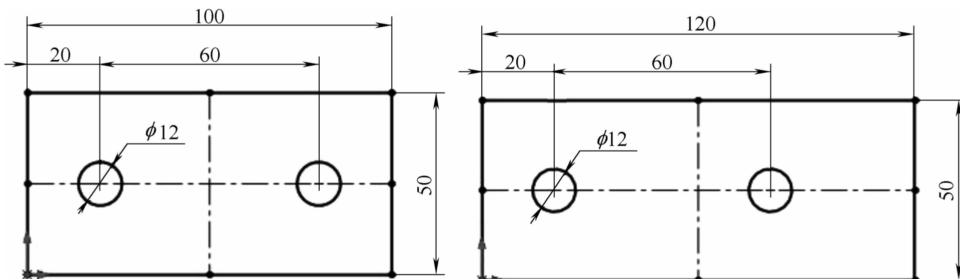


图 2-73　尺寸标注设计意图二

3）标注两个孔的中心距，这样的标注方法将保证孔中心之间的距离，如图 2-74 所示。

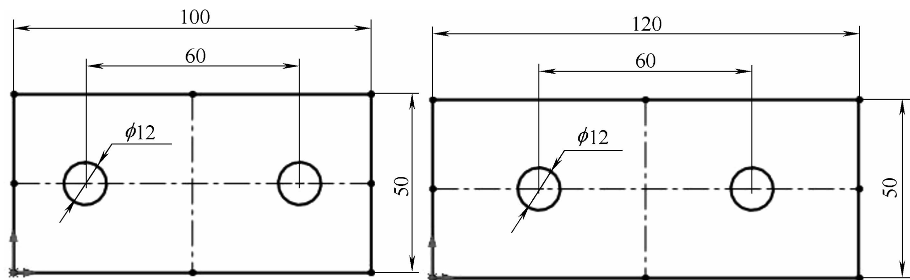


图 2-74　尺寸标注设计意图三

2.5　大体轮廓的建立及后期尺寸的标注

2.5.1　示例 1

绘制图 2-75 所示的草图并将草图完全定义，单位为“MMGS（毫米、克、秒）”。

步骤 1　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件并将单位设定为【MMGS（毫米、克、秒）】。

步骤 2　打开草图

单击【草图绘制】按钮或者从【插入】菜单中选择【草图绘制】来打开草图。打开草图后，在下方的图形区域 SolidWorks 提供了三个默认基准面，如图 2-76 所示。

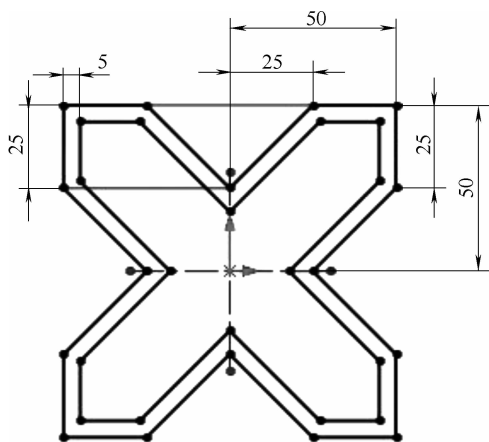


图 2-75　示例 1

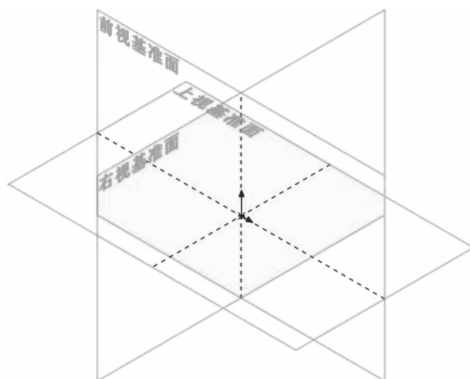


图 2-76　默认绘图基准面

步骤 3　选择基准面

选择【前视基准面】，单击即可激活，如图 2-77 所示。

将【前视基准面】旋转到与屏幕平行的位置（选择标准视图下的正视于）且符号 （此符号为零件模型的原点）为红色，表示草图已处于激活状态，如图 2-78 所示。

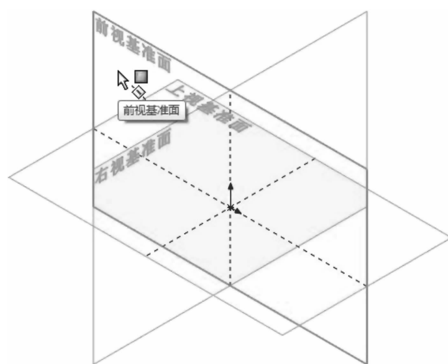


图 2-77　选择【前视基准面】

步骤 4　绘制中心线

单击【中心线】按钮，绘制两条经过原点且有【水平】、【竖直】几何关系的中心线，如图 2-79 所示。

步骤 5　绘制直线

绘制直线时可以最大范围地利用推理线，推理线可以自动捕捉一些几何关系如“—、|、⊥、∥”等。

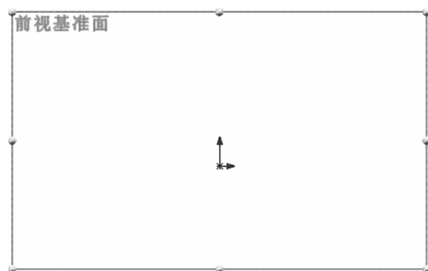


图 2-78　激活后的绘图基准面

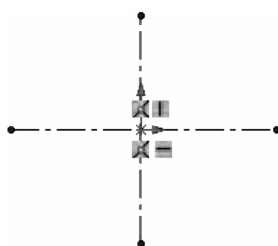


图 2-79　绘制中心线



SolidWorks 是一款尺寸驱动的软件，几何体的大小是通过为其标注的尺寸来控制的。因此，绘制草图过程中只需绘制近似的大小和形状即可。

首先单击【直线】按钮并在竖直中心线接近25mm处单击，确定直线的起始点；然后将光标移动到坐标（25，50，0）附近处单击确定第二个点；接着将光标移动到坐标（50，50，0）附近处单击确定第三个点，以此类推完成最后两个点，过程如图2-80所示。

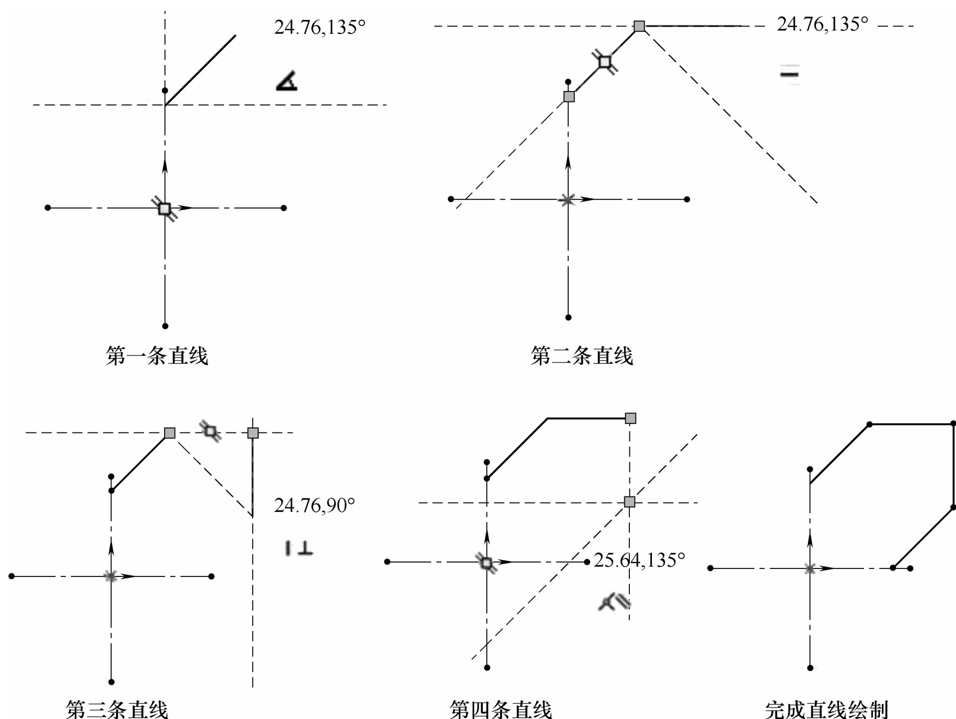


图2-80　初步直线的绘制过程



绘制几何体有两种方法：

1）单击—单击。移动光标至欲绘制直线的起点单击一次鼠标，然后移动光标至欲绘制直线的终点（这时图形区域已经预览出欲绘制的直线），再次单击鼠标一次，则直线绘制完成。

2）单击—拖动。移动光标至欲绘制直线的起点单击一次鼠标且不松开鼠标左键，然后移动光标至欲绘制直线的终点（这时图形区域已经预览出欲绘制的直线），松开鼠标左键，则直线绘制完成。

步骤6　标注尺寸

单击【智能标注】按钮，标注出尺寸，如图2-81所示，使其完全定义。

步骤7　阵列草图

单击【圆周阵列】按钮，使用【圆周阵列】属性框阵列已完全定义部分的草图（图2-82），具体参数设置如图2-83所示。

步骤8　等距实体

单击【等距实体】按钮，在【等距实体】属性框中设置参数如图2-84所示。

步骤9　保存并关闭草图

如图2-85所示，草图已绘制完成，且草图为完全定义。保存并关闭草图。

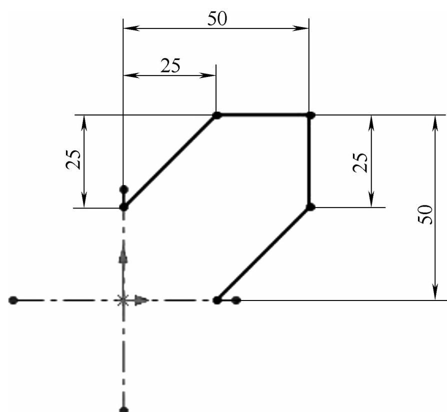


图 2-81　标注尺寸

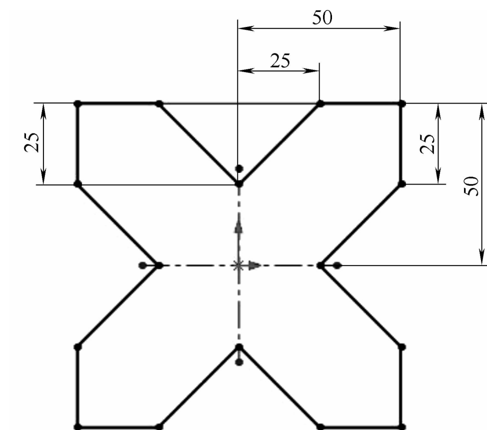


图 2-82　阵列草图

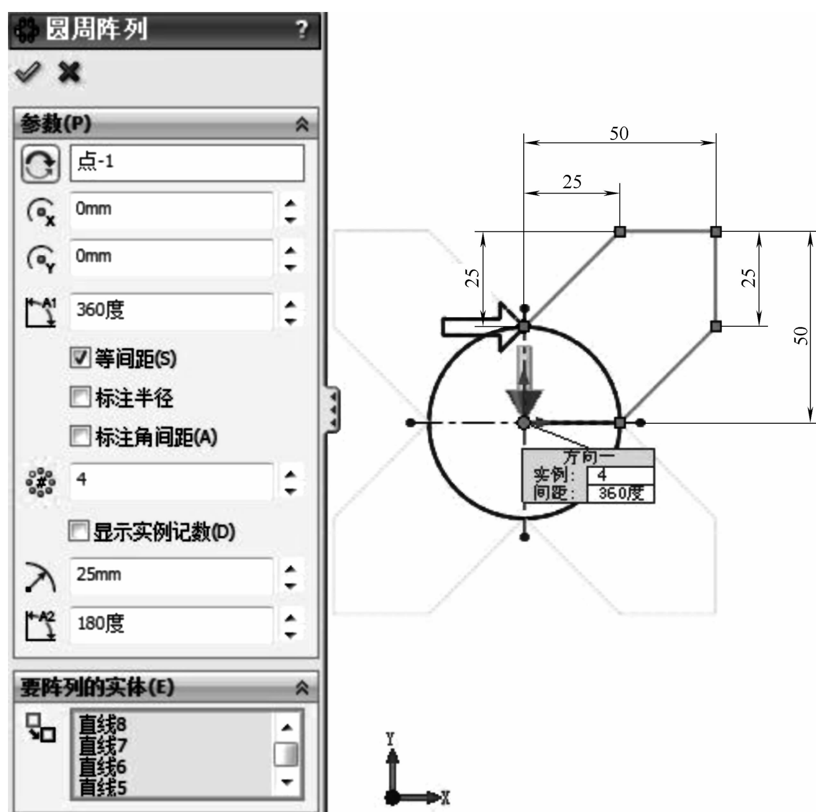


图 2-83　圆周阵列参数设置及草图

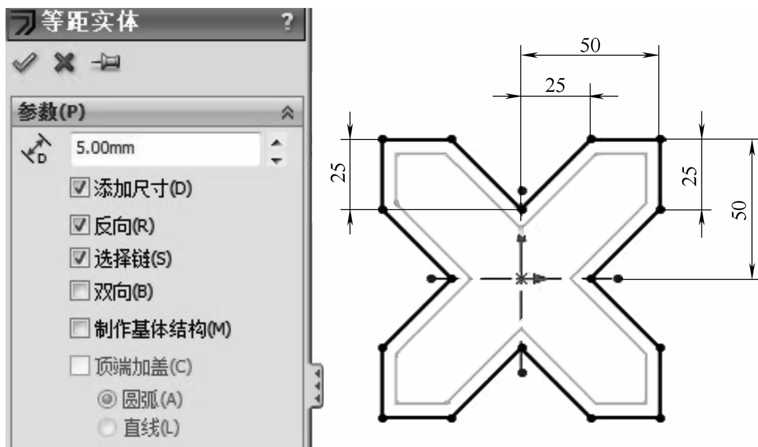


图 2-84　等距实体参数设置及草图

2.5.2　示例 2

绘制图 2-86 所示的草图并将草图完全定义，单位为“MMGS（毫米、克、秒）”。

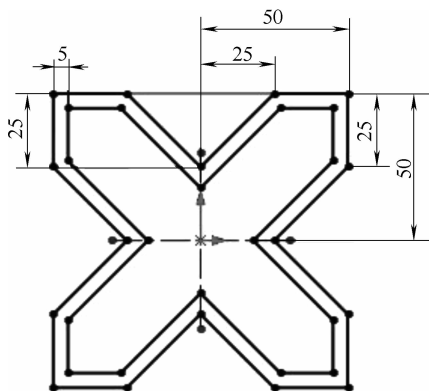


图 2-85　绘制完成的草图

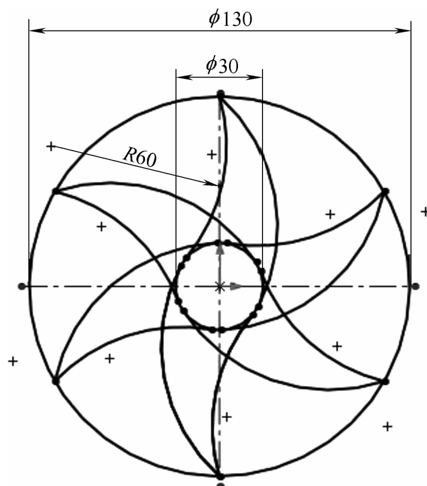


图 2-86　示例 2

步骤 1　绘制中心线

单击【中心线】按钮，绘制两条经过原点且有【水平】、【竖直】几何关系的中心线。

步骤 2　绘制圆

单击【圆】按钮，绘制直径为 130mm 和 30mm 的圆，如图 2-87 所示。

步骤 3　绘制圆弧

单击【三点圆弧】按钮，绘制两条半径为 60mm 的圆弧并正确添加几何关系，如图 2-88 所示。

步骤 4　阵列草图

单击【圆周阵列】按钮，使用【圆周阵列】属性框阵列已完全定义部分的草图，具体参数如图 2-89 所示。

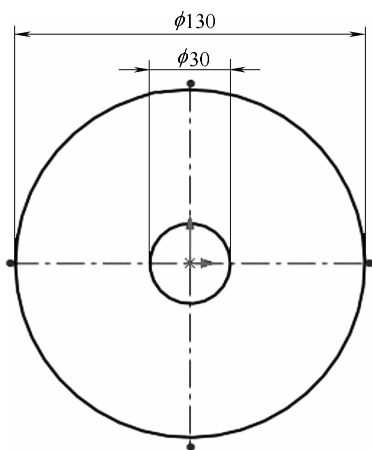


图 2-87　绘制圆

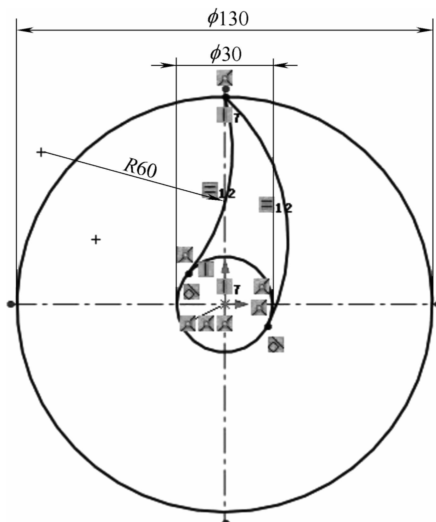


图 2-88　绘制圆弧

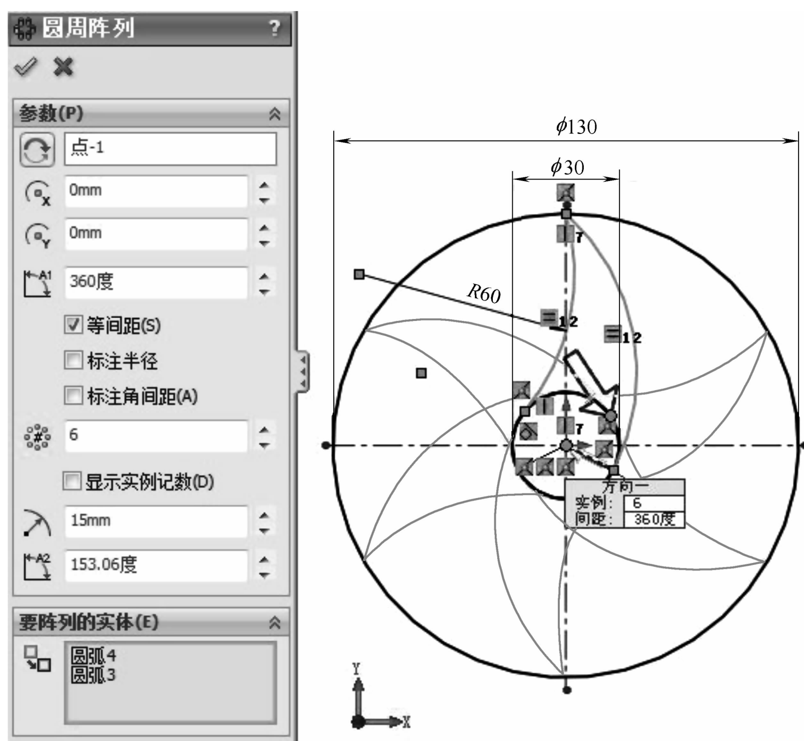


图 2-89　圆周阵列参数设置及草图

步骤 5　添加几何关系

为任意两个边角点和直径为 130mm 的圆添加【重合】几何关系，使草图完全定义，具体如图 2-90 所示。

步骤 6　保存并关闭草图

结果如图 2-91 所示，保存并关闭草图。

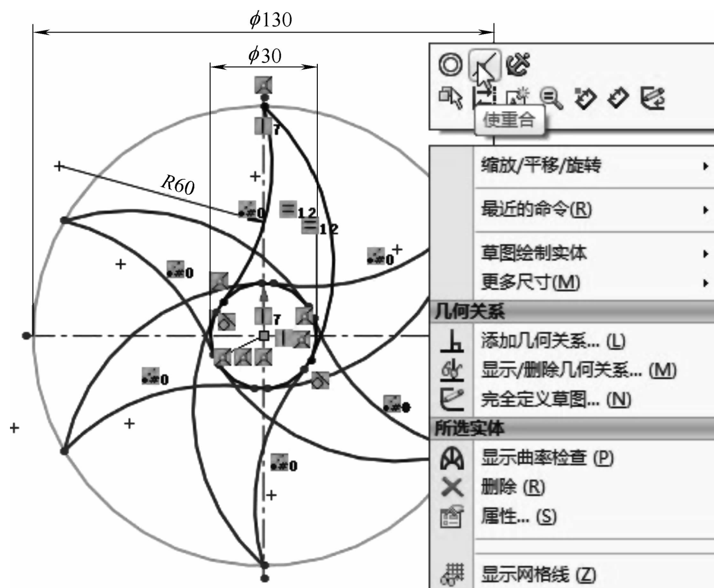


图 2-90　添加几何关系完全定义草图

2.5.3　示例 3

绘制图 2-92 所示的草图并将草图完全定义，单位为“MMGS（毫米、克、秒）”。

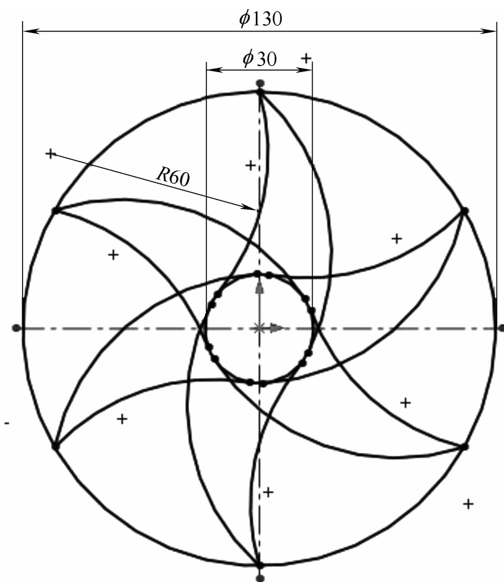


图 2-91　绘制完成的草图

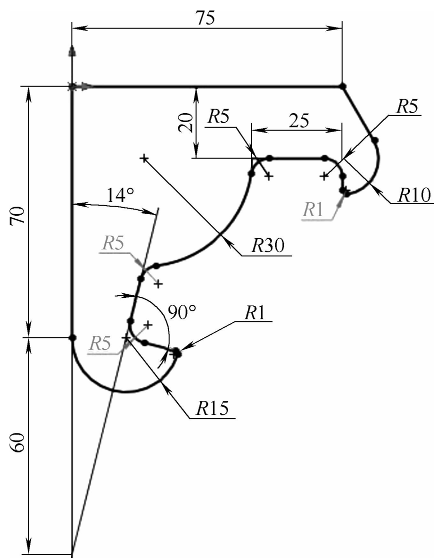


图 2-92　示例 3

步骤 1　绘制草图轮廓

使用直线和切线弧命令绘制出草图的大体轮廓，如图 2-93 所示。


注意

图是由单独的直线命令绘制而成，在绘图时只需要捕捉图 2-93 中的几何关系，过多捕捉几何关系会使以后定义几何关系时造成过定义状态。

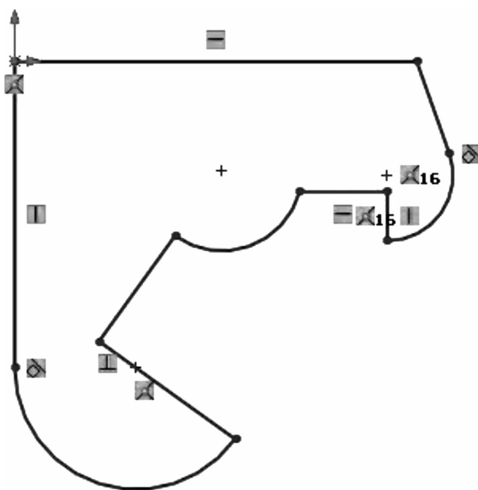


图 2-93　直线和切线弧绘制的草图



在绘制直线时有两种方法可以在绘制直线和绘制切线弧之间转换，不需要另外选择【切线弧】命令。

1）在绘制好第一段直线后继续将光标移动至绘图区任意地方再返回至端点。(这种方法在同一步骤中只能是由直线转换成切线弧，不能由切线弧再次转换成直线)

2）在绘制好第一段直线后按一下键盘上的〈A〉键就可以转换成切线弧，再次按〈A〉键时又会将切线弧转换成直线。

绘制切线弧时，SolidWorks 会根据光标的移动位置在四个目标区域内智能分析出八种可能性，如图 2-94 所示。

步骤 2　定义几何关系

如图 2-95 所示定义几何关系。交点可以通过按住〈Ctrl〉键同时选择两条角度线再单击【点】命令获得。

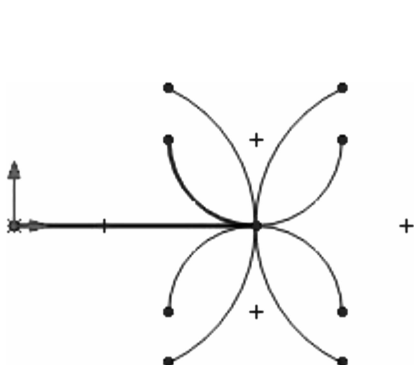


图 2-94　切线弧的可能性

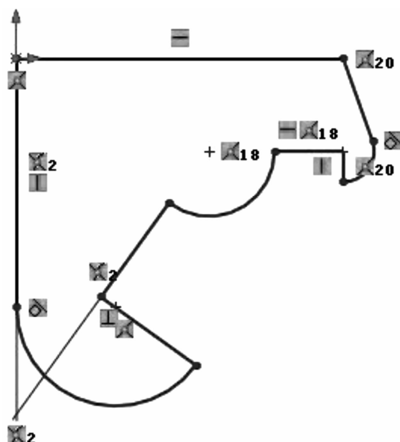


图 2-95　参考几何关系

步骤 3　标注尺寸

标注尺寸，具体数值如图 2-96 所示。

步骤 4　添加圆角

添加圆角，完善草图，如图 2-97 所示。（图中 3 个圆圈里面的灰色尺寸为从动尺寸）

图 2-96　标注尺寸

图 2-97　添加圆角

2.5.4　示例 4

绘制图 2-98 所示的草图并将草图完全定义，单位为“MMGS（毫米、克、秒）”。

步骤 1　绘制中心线

单击【中心线】按钮,绘制两条经过原点且有【水平】、【竖直】几何关系的中心线。

步骤 2　绘制圆并标注尺寸

单击【圆】按钮，分别绘制出直径为 48mm、8mm、3.50mm 和 3.50mm 的圆并标注尺寸使其完全定义，如图 2-99 所示。

步骤 3　绘制另一条中心线

单击【中心线】按钮，绘制 120°夹角，且夹角中心线与竖直中心线有对称几何关系。

步骤 4　绘制中心点圆弧槽口并标注尺寸

单击【中心点圆弧槽口】按钮，绘制一个以原点为中心点且与两条 120°夹角中心线相交的圆弧槽口并标注尺寸，如图 2-100 所示。

步骤 5　绘制五角星

如图 2-101 所示，创建 5 条相等长度的线段，且每条线段都与 $\phi3.5$ 的圆相切，并添加必要的约束条件，使草图完全定义。

步骤 6　剪裁草图

单击【剪裁】按钮，将步骤 5 中绘制好的五角星中心多余部分直线剪裁，并保持各线段与圆相切且相等的条件，如图 2-102 所示。

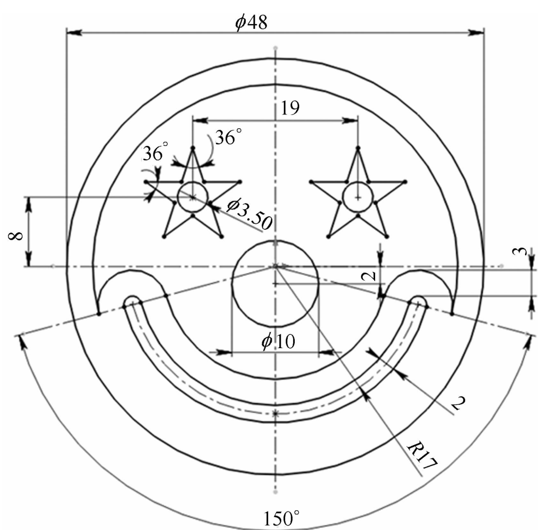


图 2-98 示例 4

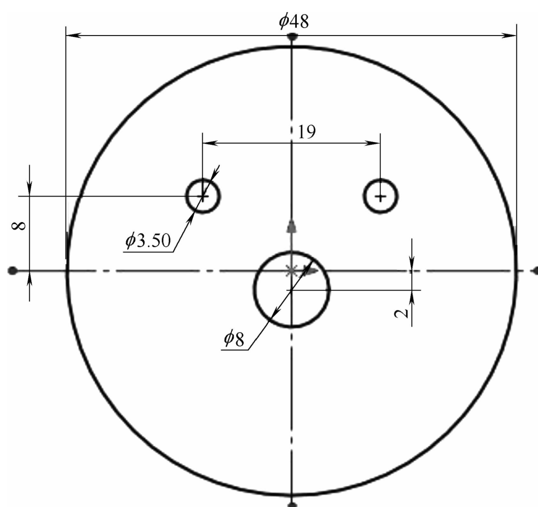


图 2-99 绘制圆并标注尺寸

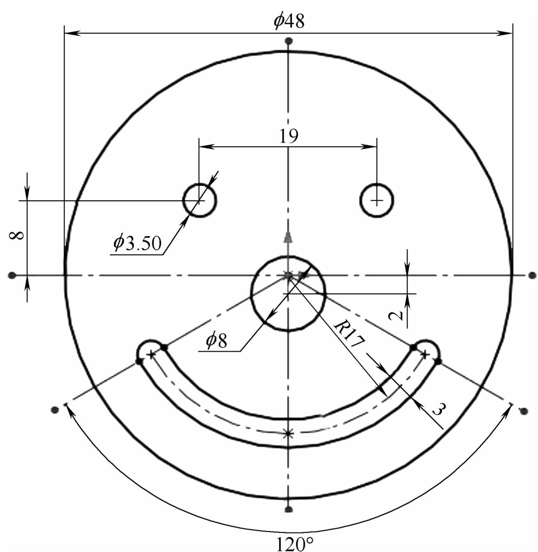


图 2-100 绘制中心点圆弧槽口并标注尺寸

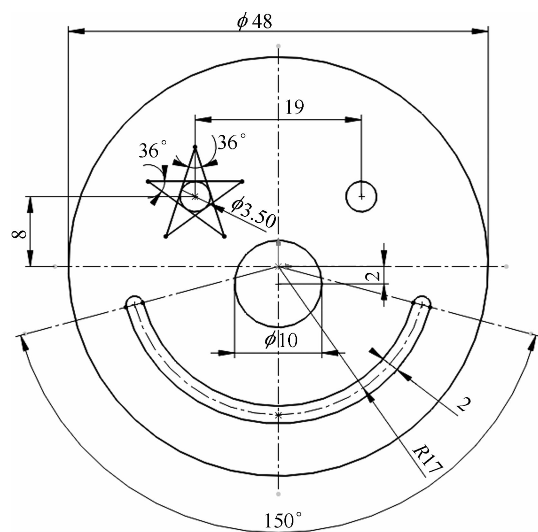


图 2-101 绘制五角星

步骤 7 镜像实体

单击【镜像实体】按钮，将步骤 6 中完全定义的草图镜像，如图 2-103 所示。

步骤 8 等距圆

单击【等距实体】按钮，将【等距距离】设置为 3.00mm 并勾选【反向】复选框，等距直径 48mm 的圆，如图 2-104 所示。

步骤 9 等距槽口

单击【等距实体】按钮，将【等距距离】设置为 3mm，取消勾选【反向】复选框，等距槽口，如图 2-105 所示。

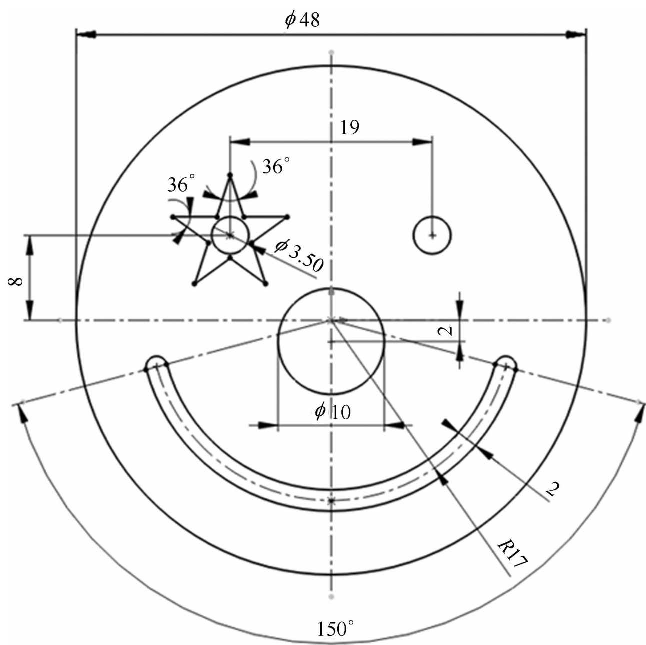


图 2-102　剪裁草图

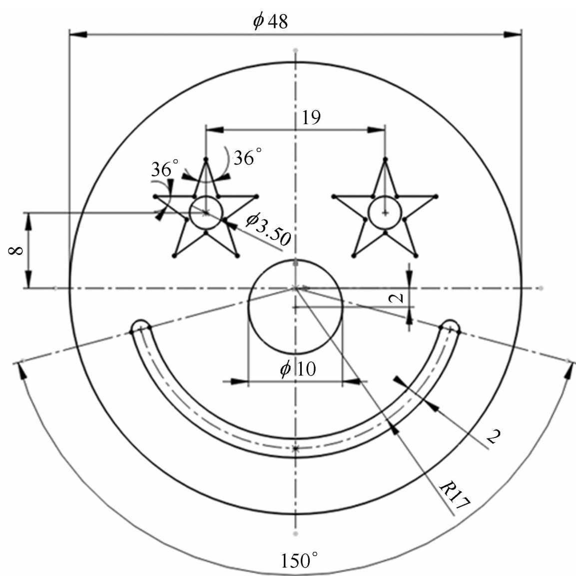


图 2-103　镜像实体



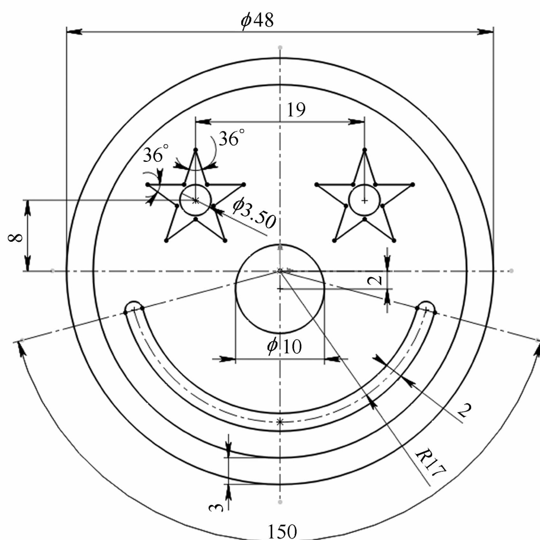


图 2-104 等距圆



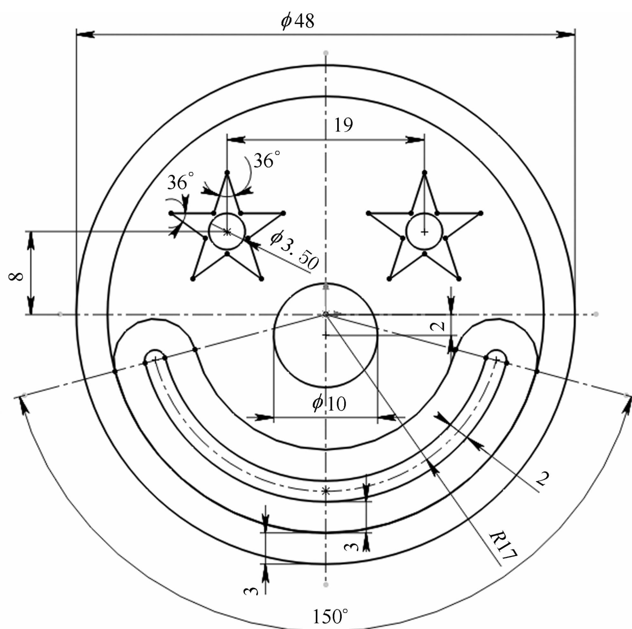


图 2-105 等距槽口

步骤 10 剪裁草图

单击【强劲剪裁】按钮，对草图进行剪裁，得到完全定义草图，如图 2-106 所示。

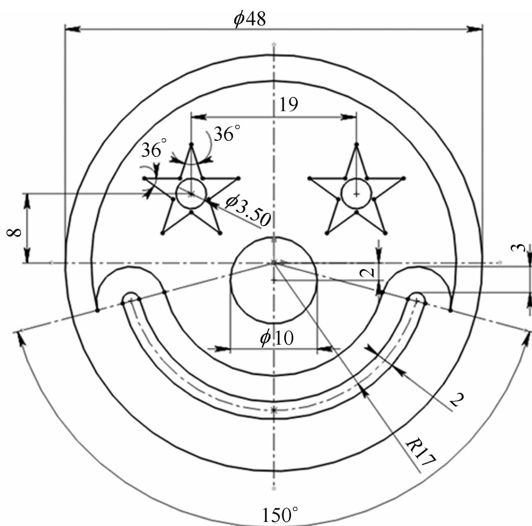


图 2-106　剪裁完成后的草图

2.6　课后小结

本章主要围绕草图中的命令如何使用进行了详细的讲解，三维模型的建立之基础就在于草图的绘制。通过本章的学习，学生可以掌握草图绘制的基础。

2.7　课后练习

练习 1

建立如图 2-107 所示模型并完全定义草图，单位为“MMGS（毫米、克、秒）”。


提示

此图是先完成一个边长为 30mm 的矩形然后通过阵列获得。

练习 2

建立如图 2-108 所示模型并完全定义草图，单位为“MMGS（毫米、克、秒）”。

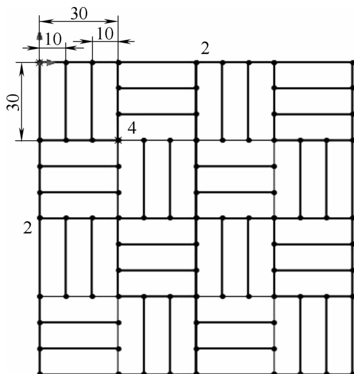


图 2-107　练习 2-1

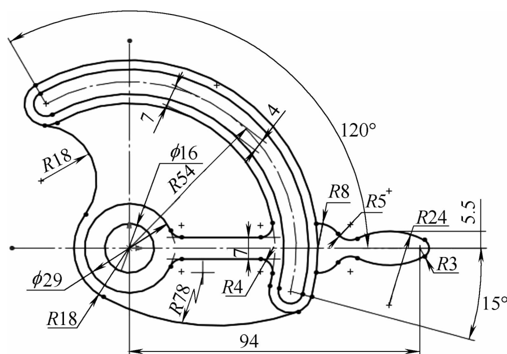


图 2-108　练习 2-2

第 3 章　基 本 特 征

【学习目标】

- 了解特征的概念
- 通过拉伸创建模型
- 学会拉伸并灵活应用其建模
- 创建参考几何体
- 学会几种类型的阵列
- 通过旋转创建模型
- 通过扫描创建模型
- 使用拔模、筋和抽壳编辑模型
- 通过放样创建模型

3.1　概述

SolidWorks 中的模型由许多单独的元素组成，这些元素被称为特征。

在进行零件或装配体建模时,SolidWorks 软件使用智能化的、易于理解的几何体(例如:凸台、切除、孔、筋、圆角、倒角、拔模等)创建特征,特征被创建后就可以直接应用于零件中。

SolidWorks 中的特征可以分为草图特征和应用特征。

1）草图特征（图 3-1）：基于二维草图的特征。通常该草图可以通过拉伸、旋转、扫描或放样转换为实体。



图 3-1　草图特征

2）应用特征(图 3-2):直接创建在实体模型上的特征。例如圆角和倒角就属于这类特征。



图 3-2　应用特征

3.2　拉伸

3.2.1　拉伸-拔模

建立如图 3-3 所示名为“拉伸-五角星”的模型。

已知：$A=100$。

拔模角度：50°。

材料：1060 铝合金。

密度：2700kg/m³。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　分析模型

分析模型需要分两步：第一步是模型的摆放，模型的摆放关系到二维图的视图方向；第二步是最佳轮廓的选择，选择最佳轮廓能更快更高效地完成模型的绘制，并方便后期的更改和管理。

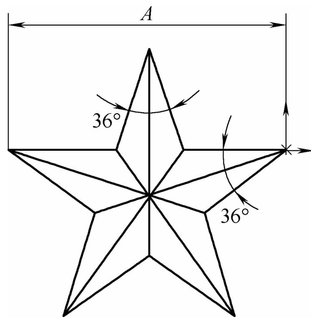


图 3-3　拉伸-五角星

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择前视基准面作为草图平面，绘制如图 3-4 所示的轮廓，并完全定义草图，单击【确认角】按钮保存并退出草图（框选五条直线添加【相等】几何关系、如图 3-4 添加尺寸）。

步骤 5　创建“凸台-拉伸 1”特征

选择【拉伸凸台/基体】，根据属性框中的提示信息在设计树中选择要拉伸的“草图 1”（或者预先选择“草图 1”再单击【拉伸凸台/基体】），如图 3-5 所示。

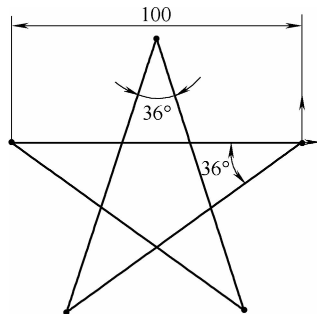


图 3-4　“绘制草图 1”

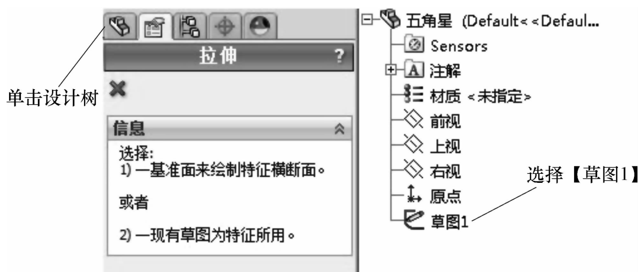


图 3-5　选择“草图 1”进行拉伸

在属性框中进行参数设置（【终止条件】为【两侧对称】、【深度】为 50.00mm、【拔模角度】为 50.00 度、在【所选轮廓】中选择“草图 1”中的六个封闭轮廓、其他为默认设置，如图 3-6 所示，完成后单击按钮退出操作。

步骤 6　编辑材质

在设计树中右击【材质＜未指定＞】，选择【编辑材料】（见图 3-7），弹出如图 3-8 所示【材料】对话框。在材料库中找到“1060 合金”，选中后单击【应用】，然后单击【关闭】退出【材料】对话框。

步骤 7　保存并关闭模型

将模型命名为“拉伸-五角星”，保存并关闭模型。



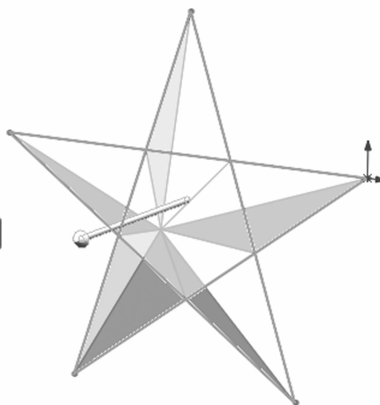


图 3-6　设置“凸台-拉伸 1”参数

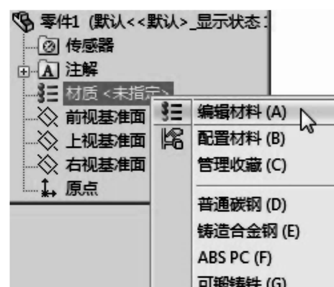


图 3-7　添加材质



图 3-8　编辑材质

3.2.2　拉伸-薄壁特征

建立如图 3-9 所示名为“薄壁特征-铸件”的模型。

已知：$A=38$，$B=10$，$C=32$，$D=15$。

材料：1060 铝合金。

密度：2700 kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤2　新建零件

在Solid Works中新建一个零件。

步骤3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为2。

步骤4　绘制“草图1”

选择前视基准面作为草图平面，并绘制如图3-10所示的图形，添加几何关系和尺寸形成完全定义的草图，完成后保存并退出草图。

图3-9　薄壁特征-铸件

图3-10　绘制“草图1”

步骤5　创建“拉伸-薄壁1”特征

选择【拉伸凸台/基体】在设计树中选择要拉伸的【草图1】（或直接在绘图界面单击草图实体来选择草图），并按图3-11所示进行参数设置。【终止条件】为【给定深度】、方向为反向（单击按钮切换方向）、【深度】为26.00mm、薄壁特征类型为【单向】、方向为反向（单击按钮切换方向）、【厚度】为6.00mm。完成后单击按钮退出操作。

步骤6　创建“圆角1”特征

选择【圆角】，在属性框中完成参数设置，如图3-12所示，完成后单击按钮退出操作。

步骤7　创建“切除-拉伸1”特征

选择【拉伸切除】，根据属性框中的提示信息选择一个基准面绘制特征横断面，选择图3-13所示平面作为草图平面。

在草图工具栏中选择【圆】，将鼠标放置在圆弧边线上捕捉其圆心（见图3-14）绘制一个同心圆，并添加13mm的直径（见图3-15）。完全定义草图后单击右上角的【确认角】按钮保存并退出草图。

在属性框中，按图3-16所示进行参数设置。【终止条件】为【成形到下一面】，如果方向不对可单击按钮切换方向。完成后单击按钮退出。



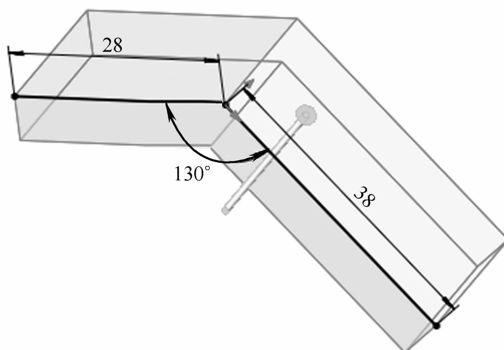
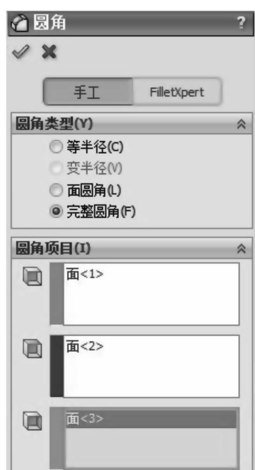


图 3-11 设置【拉伸-薄壁 1】参数



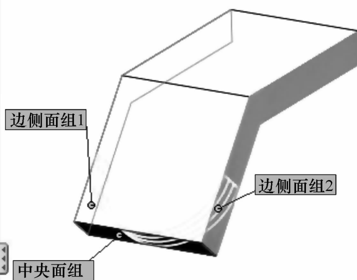
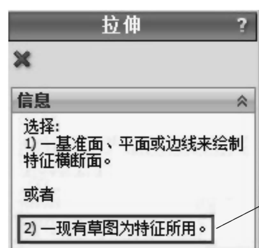


图 3-12 创建“圆角 1”



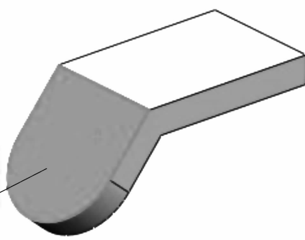


图 3-13 为“切除-拉伸 1”选择草图平面

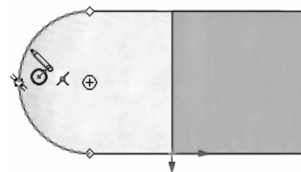


图 3-14 捕捉圆心

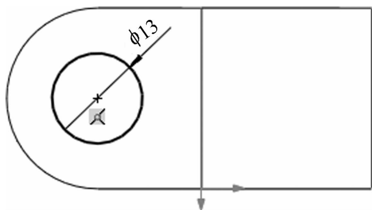


图 3-15　绘制圆并添加尺寸



图 3-16　设置“切除-拉伸 1”参数

步骤 8　创建“切除-拉伸 2”特征

选择【拉伸切除】，根据属性框中的提示信息，选择图 3-17 所示平面作为草图平面绘制特征横断面。

绘制如图 3-18 所示的两个圆，框选添加【相等】几何关系，两圆心添加【水平】几何关系，并使用【智能尺寸】完成标注。完全定义后保存并退出草图。

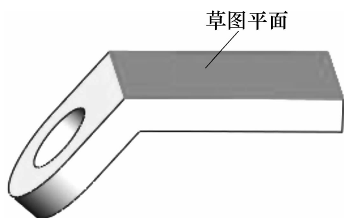


图 3-17　选择草图平面

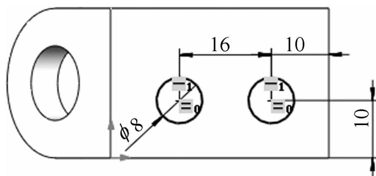


图 3-18　绘制草图

在属性框中，按图 3-19 所示进行参数设置，【终止条件】为【成形到下一面】，完成后单击按钮✓退出。

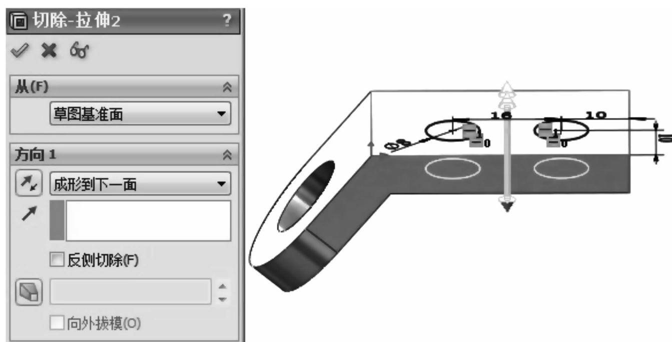


图 3-19　设置“切除-拉伸 2”参数

步骤 9　创建“凸台-拉伸 1”特征

选择【拉伸凸台/基体】，根据属性框中的提示信息，选择图 3-20 所示平面作为草图平面，按图 3-21 所示绘制草图，并完全定义草图保存退出。

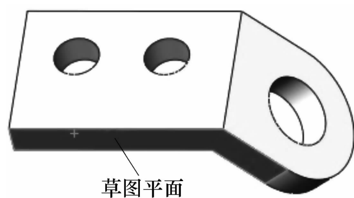


图 3-20　选择草图平面

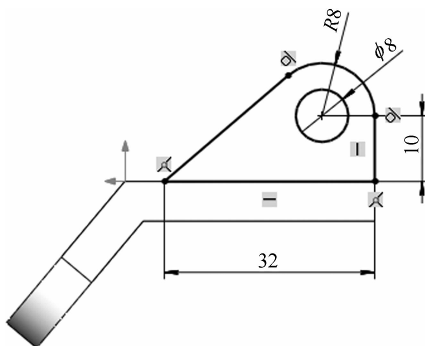


图 3-21　绘制草图

在属性框中按图 3-22 所示完成参数设置。【终止条件】为【给定深度】、【深度】为 6.00mm、方向不对可单击按钮切换方向。



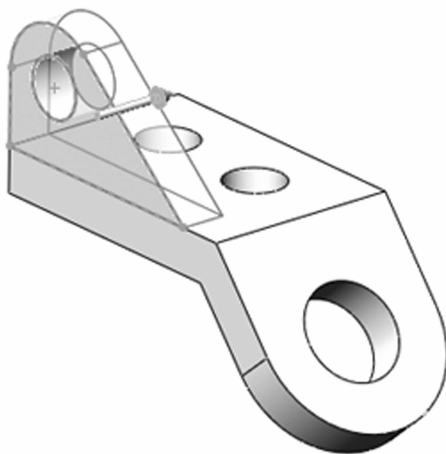


图 3-22　设置“凸台-拉伸 1”参数

步骤 10　编辑材料

指定材料为“1060 铝合金”。

步骤 11　保存并关闭模型

将模型命名为“薄壁特征-铸件”，保存并关闭模型。

3.2.3　拉伸-方向

建立如图 3-23 所示名为“拉伸-铸件”的模型。

已知：$A=40$，$B=11$，$C=28$。

材料：1060 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择前视基准面作为草图平面，绘制如图 3-24 所示的图形，完全定义草图后保存并退出。

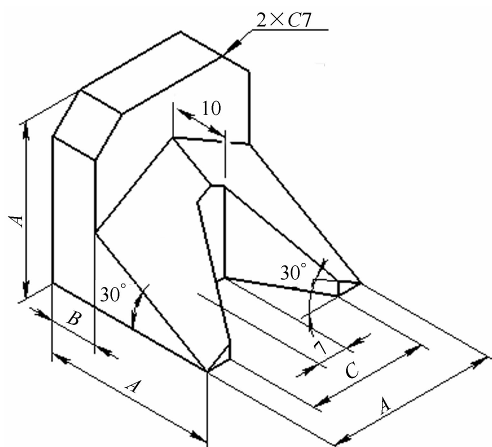


图 3-23　拉伸-铸件

步骤 5　创建“凸台-拉伸 1”特征

选择【拉伸凸台/基体】，在属性框中按图 3-25 所示进行参数设置。【终止条件】为【给定深度】、【深度】为 40.00mm。单击按钮✓退出。

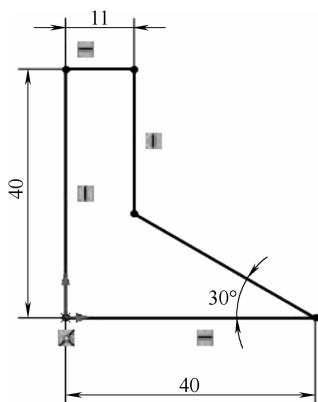


图 3-24　绘制“草图 1”



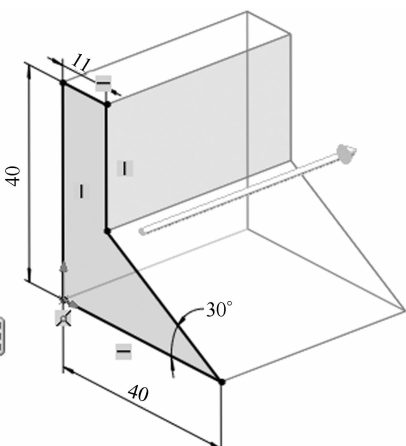


图 3-25　设置“凸台-拉伸 1”参数

步骤 6　绘制“草图 2”

右击图 3-26 所示平面，选择【草图绘制】，以该平面作为草图平面进行草图绘制。

绘制图 3-27 所示封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

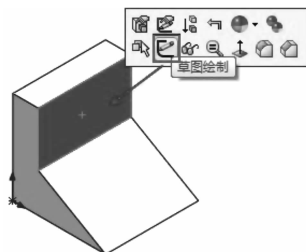


图 3-26　选择【草图绘制】

步骤 7　创建“凸台-拉伸 2”特征

选择【拉伸凸台/基体】，在属性框中按图 3-28 所示进行参数设置。【终止条件】为【成形到一顶点】、【拉伸方向】为指定的斜边线。完成后单击按钮✓退出。

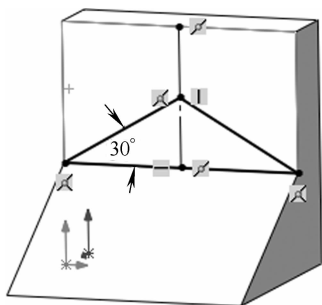


图 3-27 绘制“草图 2”

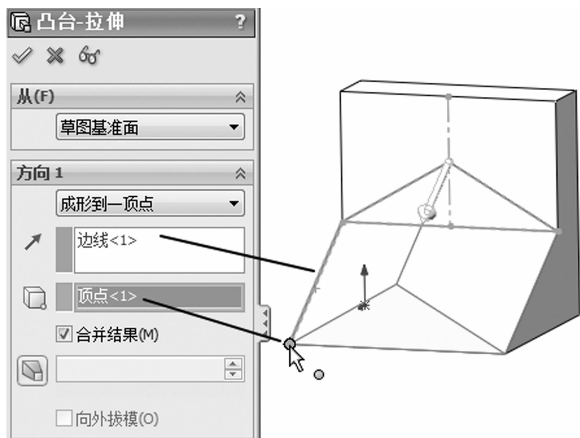


图 3-28 设置“凸台-拉伸 2”参数


注意

【拉伸方向】可以通过模型边线驱动，也可以通过一个辅助草图直线驱动。

步骤 8 创建“倒角 1”特征

单击【圆角】/【倒角】，在属性框中按图 3-29 所示进行参数设置，其他为默认设置，完成后单击按钮✓退出。

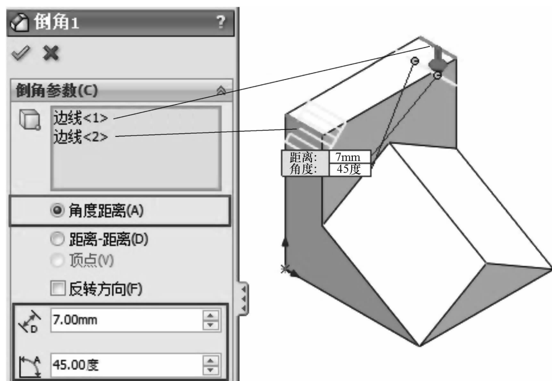


图 3-29 设置“倒角 1”参数

步骤 9 绘制“草图 3”

选择图 3-30 所示平面作为草图平面，绘制图 3-31 中的封闭轮廓（可通过添加【对称】几何关系或使用镜像来绘制），完全定义草图后保存并退出。

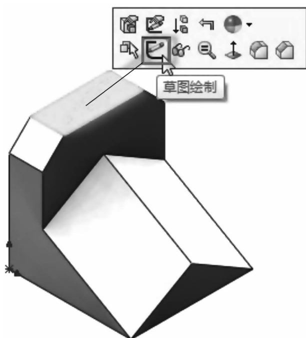


图 3-30 选择草图平面

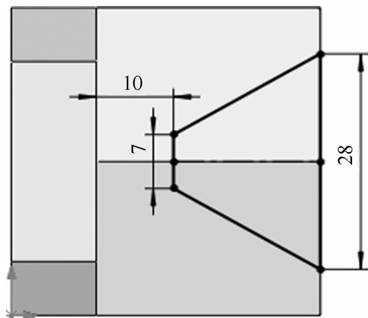


图 3-31 绘制“草图 3”

步骤 10 创建“切除-拉伸 1”特征

预先在设计树中选中“草图 3”，单击【拉伸切除】，在属性框中设置【终止条件】为【完全贯穿】，然后单击按钮✓退出。

步骤 11　编辑材料

指定材料为“1060 铝合金”。

步骤 12　保存并关闭模型

将模型命名为“拉伸-铸件”，保存并关闭模型。

3.3　参考几何体

3.3.1　基准面的创建

当现有的基准面不能作为参考时，可以使用不同的元素（如基准面、平面、边、点、曲面和草图几何元素）创建一个基准面，单击【参考几何体】/【基准面】即可进行操作，如图 3-32 所示。如果所选条件不能构建一个有效基准面，即会显示如图 3-33 所示的提示信息。表 3-1 是使用不同方法创建基准面的一些例子。



图 3-32　【基准面】菜单选项

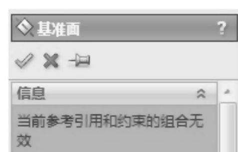


图 3-33　基准面提示信息

表 3-1　基准面的创建方法

分　类	操作方法	图　例
偏移距离	选择一个现有的基准面或选择模型的一个表面，然后输入一个距离值	
与面角度	选择模型的一个表面，同时选择一条边或轴，然后输入角度值	

（续）

分　　类	操 作 方 法	图　　例
三点重合	分别在三个参考选项里选取三个点 第一参考 顶点<3> 重合 投影 第二参考 顶点<1> 重合 投影 第三参考 顶点<2> 重合 投影	
单个边线和点重合	选择一条边线和一个点 第一参考 边线<2> 垂直 重合 投影 第二参考 顶点<3> 重合 投影 第三参考	
与面平行且与点重合	选择一个平面和一个点 第一参考 面<3> 平行 垂直 重合 30.00度 40.00mm 两侧对称 第二参考 顶点<4> 重合 投影	
两侧对称	选择两个要与之对称的平面 第一参考 面<3> 平行 第一参考 垂直 重合 30.00度 40.00mm 两侧对称 第二参考 面<4>	
垂直于在线点	选择一条螺旋线和螺旋线的一个端点 第一参考 边线<1> 垂直 将原点设在曲线上 第二参考 点<1> 重合 投影	

（续）

分　类	操 作 方 法	图　例
两面相切	选择两个圆柱面，可通过反转来调整方向	
相切与曲面且与点重合	选择一个曲面和一个预先画好的草图点	

3.3.2　基准轴的创建

基准轴可以在 FeatureManager 设计树上进行重命名、选取并调整大小。单击【参考几何体】/【基准轴】即可进行基准轴的创建，如图 3-34 所示。表 3-2 是基准轴的创建方法。



图 3-34　【基准轴】菜单选项

表 3-2　基准轴的创建方法

创建方法	实　例	创建方法	实　例
将临时轴转换成基准轴		选择两个草图点或两个模型顶点	
选择两相交的基准面或两平面			

（续）

创建方法	实　　例	创建方法	实　　例
选择一个圆柱面或一个圆锥面 基准轴 选择(S) 面<1> 一直线/边线/轴(O) 两平面(T) 两点/顶点(W) 圆柱/圆锥面(C) 点和面/基准面(P)		选择一个点和一个基准面（生成轴将穿过点并垂直于基准面） 基准轴 选择(S) 顶点<1> 面<1> 一直线/边线/轴(O) 两平面(T) 两点/顶点(W) 圆柱/圆锥面(C) 点和面/基准面(P)	

3.4　阵列

当创建特征的多个实例时，使用阵列是最好的方法。表3-3列出了阵列的各种类型及其典型应用。

表3-3　阵列类型及其典型应用

阵列类型	典型应用	图　　例	阵列类型	典型应用	图　　例
	一个方向等距阵列		线性	去除一些实例的阵列	
线性	两个方向等距阵列		圆周	关于中心的等间距圆形阵列	
	只阵列源的双向阵列			去除一些实例的圆形阵列或小于360°范围内的阵列	

（续）

阵列类型	典型应用	图　　例	阵列类型	典型应用	图　　例
镜像	根据指定平面镜像阵列		曲线驱动	基于完全圆周路径阵列	
表格驱动	基于坐标系下 XY 方向的表格阵列			基于投影曲线路径阵列	
草图驱动	基于草图点阵列		填充	基于同一面的实例阵列	
曲线驱动	基于曲线几何路径阵列			基于同一面其他特征阵列	

（1）源　源是被阵列的几何体，可以是一个或多个特征、实体或者面。

（2）实例　实例是源通过阵列创建的“复制品”。它由源派生并且随着源的变化而变化。

3.4.1　线性阵列

建立如图 3-35 所示名为“阵列-计算器”的模型。

已知：

材料：ABS（塑料）。

密度：$1020kg/m^3$。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

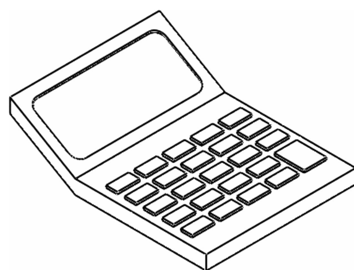


图 3-35　计算器

步骤3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为2。

步骤4　绘制“草图1”

选择前视基准面作为草图平面并绘制图3-36所示的图形，完全定义草图后保存并退出。

步骤5　创建“凸台-拉伸1”特征

选择【拉伸凸台/基体】拉伸“草图1”，选择【两侧对称】、【深度】为160.00mm，完成后单击按钮✔退出。

步骤6　绘制“草图2”

选择图3-37所示平面作为草图平面并绘制图形，每条线距离外边为10mm，每个圆角半径均为10mm，完全定义草图后保存并退出。

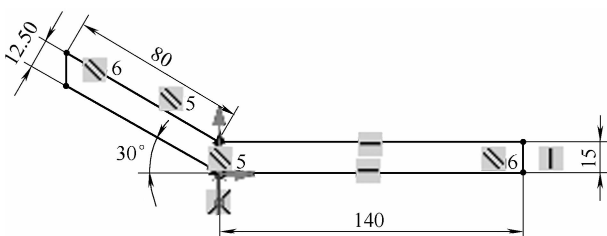


图3-36　绘制“草图1”

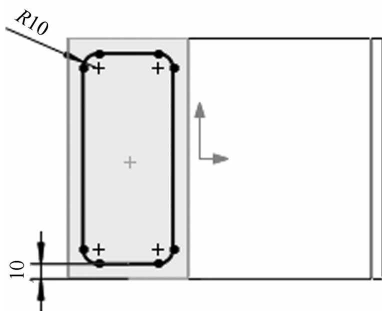


图3-37　绘制“草图2”

步骤7　创建“切除-拉伸1”特征

选择【拉伸切除】拉伸“草图2”，按图3-38所示进行参数设置（【终止条件】为【给定深度】、【深度】为2.00mm、拉伸方向为斜边线），完成后单击按钮✔退出。

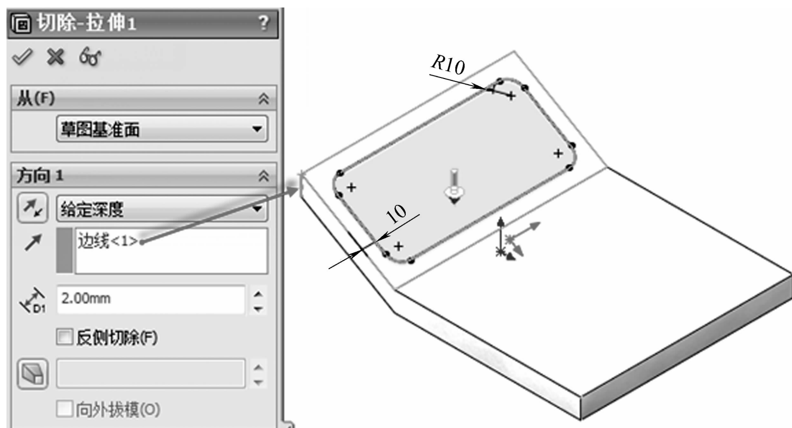


图3-38　设置“切除-拉伸1”参数

步骤8　绘制“草图3”

选择图3-39所示平面作为草图平面并绘制图形，完全定义草图后保存并退出。

步骤9　创建“凸台-拉伸2”特性

选择【拉伸凸台/基体】拉伸“草图3”，【终止条件】为【给定深度】、【深度】为2.50mm。

步骤 10　创建“阵列（线性）1”特征

选择【线性阵列】并按图 3-40 所示进行参数设置。选择“边线 <1>”为 <方向一> 并设定【间距】为 20.00mm、【实例数】为 5 个，选择“边线 <2>”为 <方向二> 并设定【间距】为 30.00mm、【实例数】为 5 个（阵列方向不对可通过单击按钮调整），取消勾选【只阵列源】复选框（如果勾选【只阵列源】复选框，结果如图 3-41 所示），【要阵列的特征】选择设计树中的“凸台-拉伸 2”，完成后单击按钮退出。

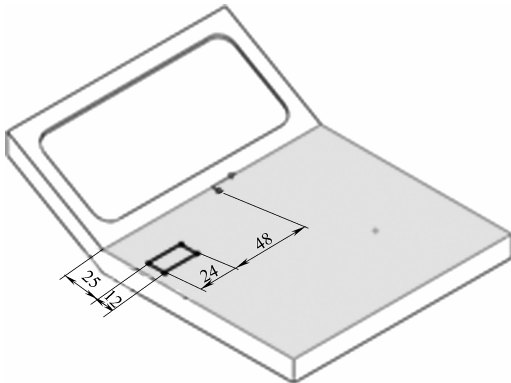


图 3-39　绘制“草图 3”

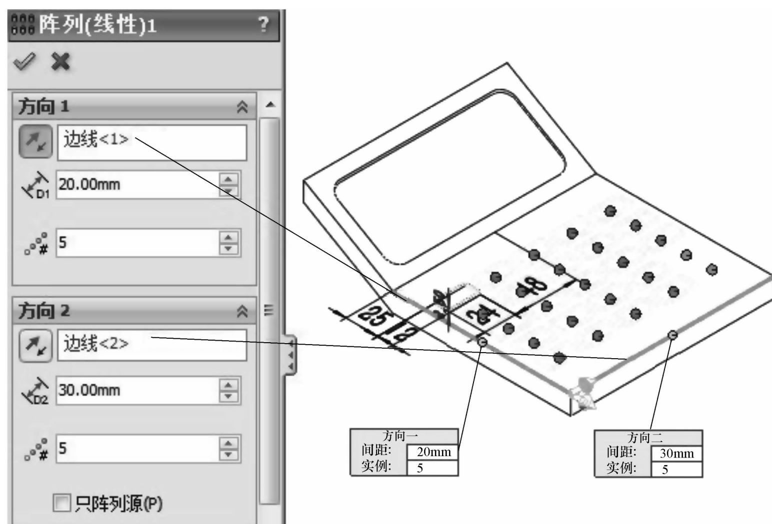


图 3-40　设置“阵列（线性）1”参数

步骤 11　去除阵列实例

如图 3-42 所示，在线性阵列的属性框中打开【可跳过的实例】，每个阵列的实例中心便会有一个粉红色的点，在界面单击选中最右下角的两个实例（单击中心粉红色的点），完成后单击按钮退出。

步骤 12　绘制“草图 4”

选择图 3-43 所示平面作为草图平面并绘制图形，完全定义草图后保存并退出。

步骤 13　创建“凸台-拉伸 3”特征

选择【拉伸凸台/基体】拉伸“草图 4”，【终止条件】为【给定深度】、【深度】为 2.50mm，完成后单击按钮退出。

步骤 14　编辑材料

指定材料为“ABS”。

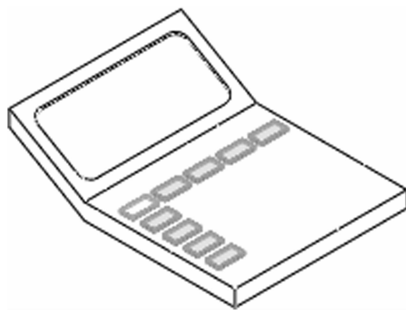


图 3-41　勾选【只阵列源】复选框预览图

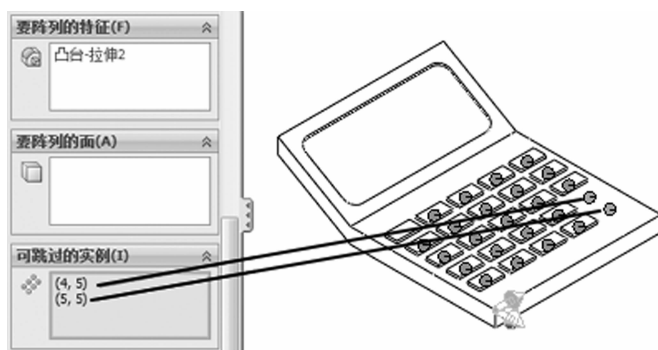


图 3-42　去除不需要的阵列实例

步骤 15　保存并关闭模型

将模型命名为“阵列-计算器”，保存并关闭模型。

3.4.2　圆周阵列

建立如图 3-44 所示名为“阵列-五角星”的模型。

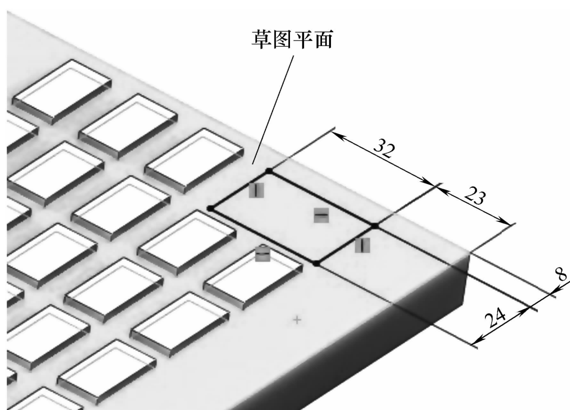


图 3-43　绘制“草图 4”

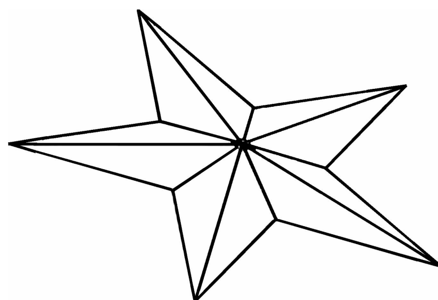


图 3-44　阵列-五角星

已知：

材料：1060 铝合金。

密度：2700kg/m³。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤4　绘制“草图1”

选择上视基准面作为草图平面，并绘制图3-45所示的封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

步骤5　创建“凸台-拉伸1”特征

选择【拉伸凸台/基体】拉伸“草图1”，【终止条件】为【给定深度】、【深度】为10.00mm，完成后单击按钮✓退出。

步骤6　创建“基准面1”特征

选择图3-46所示三个顶点创建“基准面1”。

步骤7　绘制“草图2”

选择“基准面1”作为草图平面并绘制图3-47所示的封闭轮廓（尺寸不定，足够大即可），完成绘制后保存并退出。

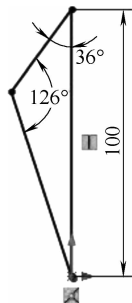


图3-45　绘制“草图1”



图3-46　创建“基准面1”

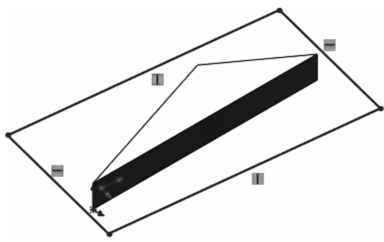


图3-47　绘制“草图2”

步骤8　创建“切除-拉伸1”特征

选择【拉伸切除】拉伸“草图2”，设定【终止条件】为【完全贯穿】，切除方向如图3-48所示，完成后单击按钮✓退出。

步骤9　创建“镜像1”特征

打开【线性阵列】的下拉菜单，选择【镜像】，选择【右视基准面】（或图3-49所选平面）为【镜像基准面】，在【要镜像的实体】列表框中选择整个零件，如图3-49所示，完成后单击按钮✓退出。

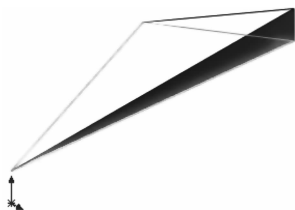


图3-48　创建“切除-拉伸1”特征

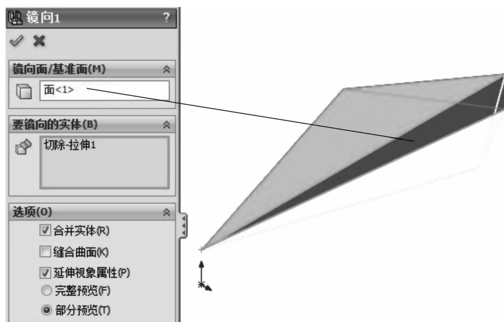


图3-49　设置“镜像1”参数

步骤10　创建“阵列（圆周）1”特征

打开【线性阵列】的下拉菜单，选择【圆周阵列】，按图3-50所示进行参数设置。选择图示“边线<1>”为【阵列轴】、【实例数】为5个、【角度】为360.00度，勾选【等间距】复选框，在【要阵列的实体】列表框中选择整个零件。完成后单击按钮✓退出。

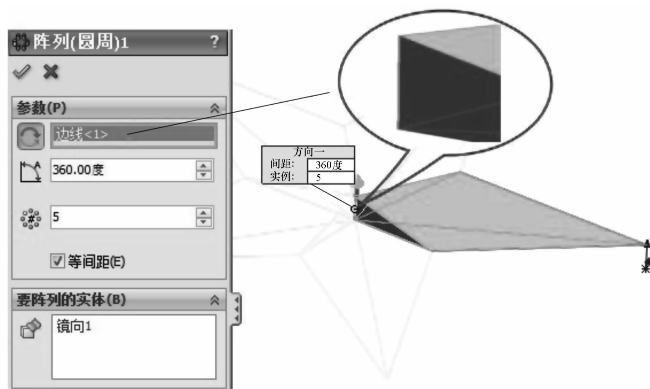


图 3-50 设置“阵列（圆周）1”参数

步骤 11 创建“镜像 2”特征

打开【线性阵列】的下拉菜单，选择【镜像】，选择图 3-51 所示的五个面中任意一个面作为【镜像基准面】，在【要镜像的实体】列表框中选择设计树实体文件夹下的所有实体，如图 3-52 所示，完成后单击按钮✓退出。

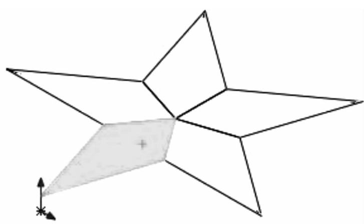


图 3-51 选择镜像面



图 3-52 选择要镜像的实体

步骤 12 编辑材料

指定材料为“1060 铝合金”。

步骤 13 保存并关闭模型

将模型命名为“阵列-五角星”，保存并关闭模型。

3.4.3 草图驱动阵列

建立如图 3-53 所示名为“阵列-铸件”的模型

已知：

材料：1060 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1 分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2 新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

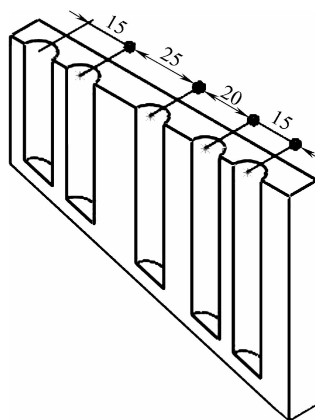


图 3-53 阵列-铸件

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择前视基准面作为草图平面，绘制图 3-54 所示的封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

步骤 5　创建“凸台-拉伸 1”特征

选择【拉伸凸台/基体】拉伸“草图 1”，设置【两侧对称】、【深度】为 10.00mm，完成后单击按钮✓退出。

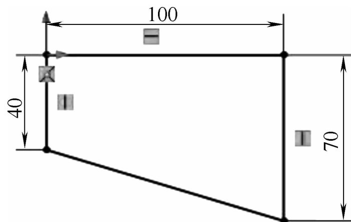


图 3-54　绘制“草图 1”

步骤 6　绘制“草图 2”并创建“切除-拉伸 1”特征

选择【拉伸切除】并选择图 3-55 所示平面作为草图平面并绘制草图，该草图圆的圆心与边线【重合】。完全定义草图后保存并退出。

在【切除-拉伸 1】属性框中按图 3-56 所示进行参数设置。【终止条件】为【到离指定面指定的距离】、选择图示斜面为【面/平面】、【等距距离】为 5.00mm。完成后单击按钮✓退出。

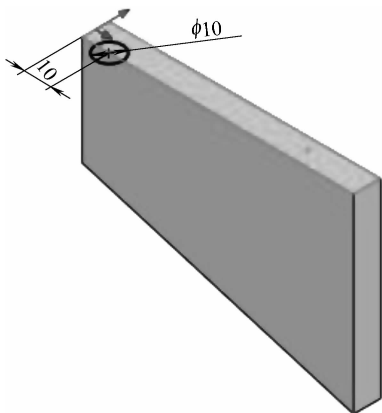


图 3-55　绘制“草图 2”



图 3-56　设置“切除-拉伸 1”参数

步骤 7　绘制“草图 3”

如图 3-57 所示，选择图示模型表面为草图平面，绘制四个点，所有点均添加与边线【重合】的几何关系，完全定义草图后保存并退出。

步骤 8　创建“草图阵列 1”特征

打开【线性阵列】的下拉菜单找到【草图驱动的阵列】，在属性框中按图 3-58 所示进行参数设置。【参考草图】选择“草图 3”、【参考点】选择【重心】、【要阵列的特征】选择“切除-拉伸 1”。完成后单击按钮✓退出。

步骤 9　编辑“草图阵列 1”特征

右击设计树中【草图阵列 1】选择【编辑特征】，在属性框中找到【选项】，勾选【几何体阵列】复选框，完成后单击按钮✓退出，对比阵列的结果。

步骤 10　编辑材料

指定材料为“1060 铝合金”。

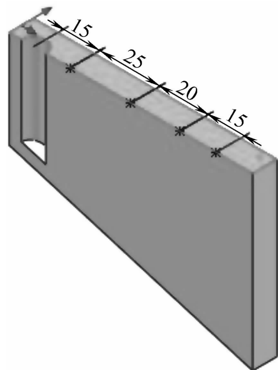


图 3-57　绘制“草图 3”

步骤 11　保存并关闭模型

将模型命名为“阵列-铸件”，保存并关闭模型。

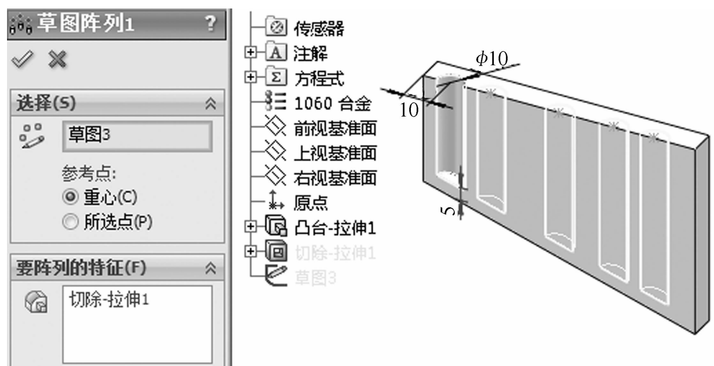


图 3-58　设置“草图阵列 1”参数

3.5　旋转

建立如图 3-59 所示名为“台灯”的模型。

已知：

材料：ABS。

密度：1020kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。



图 3-59　台灯

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择前视基准面作为草图平面，并从原点绘制一条适当长度的竖直直线和一条水平直线作为 X、Y 轴来定位草图图片。

单击菜单栏中的【工具】/【草图工具】/【草图图片】，在弹出的【打开】对话框中选择要插入的图片，单击【打开】插入，如图 3-60 所示。

插入图片后，便会弹出图 3-61 所示的属性框，在属性框中将图片的【高度】设为 500.00mm，并以预先绘制好的草图直线为基准放置图片（台灯的底边同水平直线重合，并以竖直直线为对称轴左右对称）。完成操作后单击按钮✓退出。

提示：如需要重新编辑图片，可在该图片草图状态下双击该草图图片，或双击设计树中【草图图片】的名称，也可通过右击将其删除和压缩。

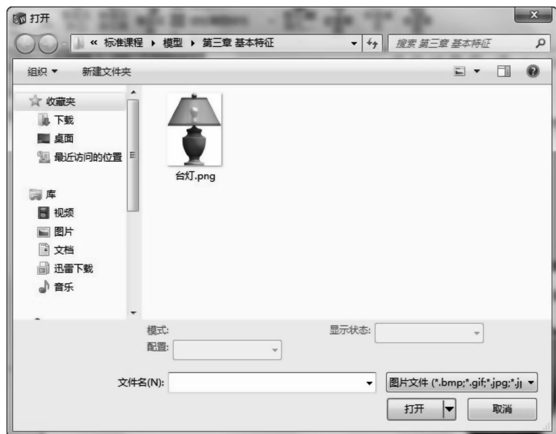


图 3-60　选择图片

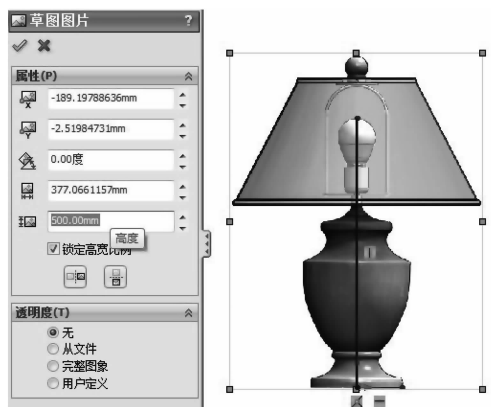


图 3-61　定位、定形图片

退出草图图片的属性编辑后，使用草图工具（直线、样条曲线等）来描摹台灯的外形轮廓，绘制如图 3-62 右侧所示的封闭区域，保存并退出草图。

步骤 5　隐藏“草图图片 1”

隐藏和显示草图图片的操作方式是一样的，其方法有两种：

第一种通过右击设计树中该草图图片所在草图的名称，并选择【隐藏】将整个草图进行隐藏。

第二种通过右击设计树中该草图图片，并选择【压缩】。

步骤 6　创建“旋转 1”特征

选择【旋转凸台/基体】并选择【草图 1】作为旋转草图，在属性框中按图 3-63 所示进行参数设置。选择预先绘制的竖直线作为【旋转轴】、【终止条件】为【给定深度】、【角度】为 360. 00 度。完成后单击按钮✓退出。

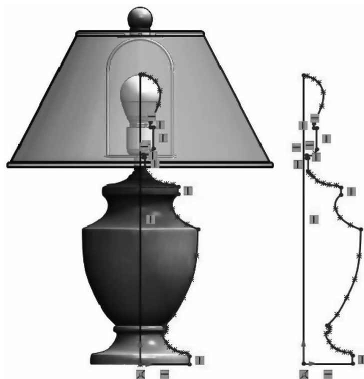


图 3-62　绘制“草图 1”

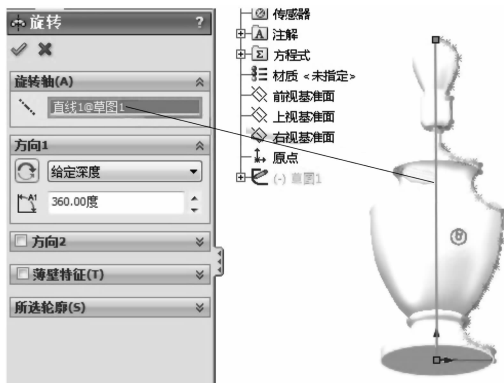


图 3-63　设置“旋转 1”参数

步骤 7　绘制“草图 2”

选择前视基准面作为草图平面，使用直线、圆弧等草图工具描摹草图图片轮廓，绘制图 3-64 所示的封闭区域（轮廓中的竖直线和原点重合，将其作为旋转轴），完成绘制后保存并退出草图。

步骤 8　创建“旋转 2”特征

选择【旋转凸台/基体】并选择“草图 2”作为旋转草图，在属性框中按图 3-65 所示进

行参数设置。选择竖直线作为【旋转轴】、【终止条件】为【给定深度】、【角度】为360.00度。完成后单击按钮✓退出。

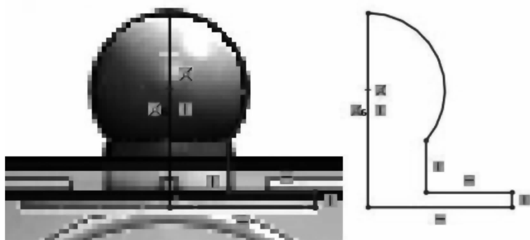


图3-64　绘制"草图2"

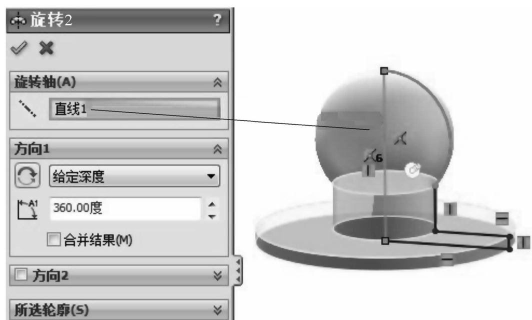


图3-65　设置"旋转2"参数

步骤9　绘制"草图3"并创建"凸台-拉伸1"特征

选择【拉伸凸台/基体】并选择图3-66所示面为草图平面，绘制图3-67所示的圆，完成绘制后保存并退出草图。



图3-66　选择草图平面

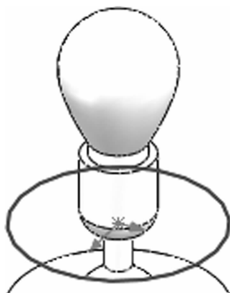


图3-67　绘制"草图3"

在【凸台-拉伸1】属性框中设置【终止条件】为【给定深度】、【深度】为4.00mm，注意拉伸方向，完成后单击按钮✓退出。

步骤10　绘制"草图4"

选择前视基准面作为草图平面，使用直线、圆弧等工具描摹草图图片轮廓，绘制图3-68所示图形（中间竖直构造线与原点重合，将其作为旋转轴），完成绘制后保存并退出草图。

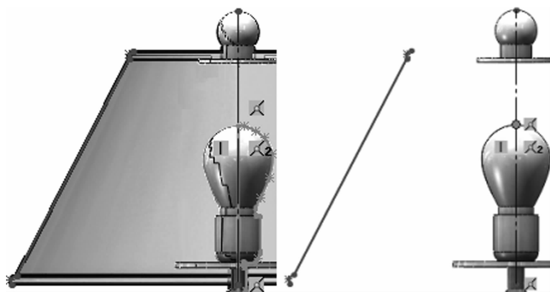


图3-68　绘制"草图4"

步骤11　创建"旋转-薄壁1"特征

选择【旋转凸台/基体】并选择【草图4】作为旋转草图，在属性框中按图3-69进行参数设置。选择竖直构造线作为【旋转轴】、【终止条件】为【给定深度】、【角度】为360.00度、薄壁特征【类型】为【两侧对称】、【厚度】为4.00mm，完成后单击按钮✓退出。

步骤12　创建"凸台-拉伸2"特征

先将"旋转-薄壁1"隐藏，在实体文件夹中右击【旋转-薄壁】选择【隐藏】按钮将

其隐藏（再次右击可将其显示），如图 3-70 所示。

选择【拉伸凸台/基体】并选择前视基准面作为草图平面绘制草图横断面，绘制图 3-71 所示图形（圆心和原点呈【竖直】的几何关系，且和图示标注的边线【相切】），完全定义草图后保存并退出。



图 3-69　设置“旋转-薄壁 1”参数

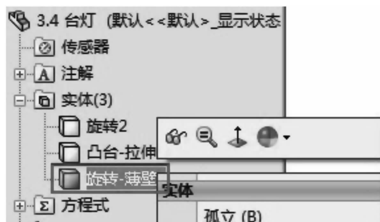


图 3-70　显示或隐藏实体

在【凸台-拉伸 2】属性框中按图 3-72 所示进行参数设置。【开始条件】为【等距】、【距离】为 20.00mm、【终止条件】为【成形到下一面】、勾选【合并结果】复选框（合并结果可以将多个实体合并为一个实体）。完成后单击按钮✓退出。

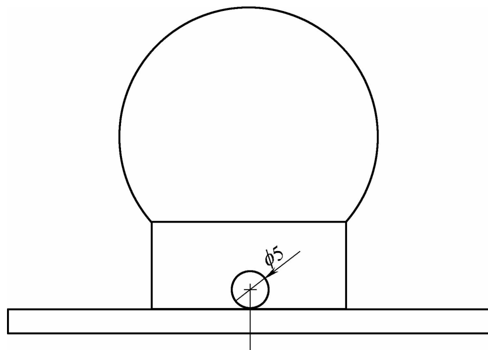


图 3-71　绘制草图

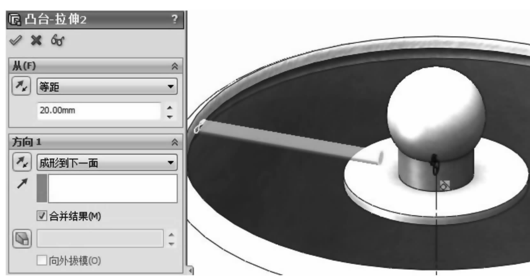


图 3-72　设置“凸台-拉伸 2”参数

步骤 13　创建“阵列（圆周）1”特征

单击【线性阵列】下拉菜单找到【圆周阵列】，打开并按图 3-73 所示进行参数设置。【阵列轴】选择临时轴（在前导视图工具栏中打开【隐藏/显示项目】，单击【观阅临时轴】显示临时轴，如图 3-74 所示）、【角度】为 360.00 度、【实例数】为 4 个、勾选【等间距】复选框、【要阵列的特征】在设计树中选择【凸台-拉伸 2】。完成后单击按钮✓退出。

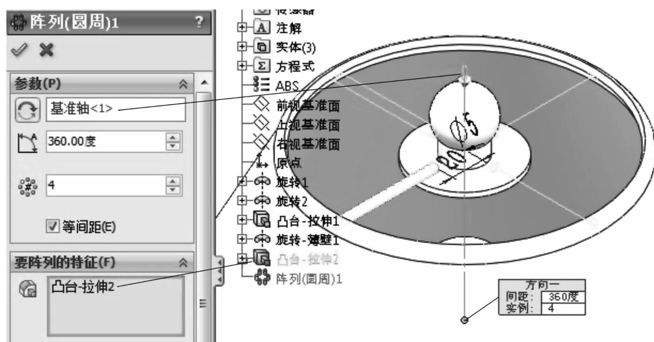


图 3-73　设置“阵列（圆周）1”参数



图 3-74　显示临时轴

步骤 14　编辑材料

指定材料为“ABS”。

步骤 15　保存并关闭模型

将模型命名为“台灯”，保存并关闭模型。

3.6　扫描

3.6.1　扫描-回形针

建立如图 3-75 所示名为“扫描-回形针”的模型

已知：$A=32$，$B=10$。

材料：延性铁。

密度：7100kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

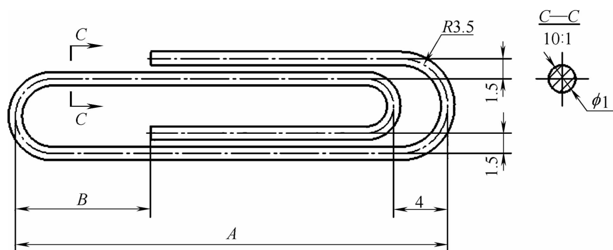


图 3-75　扫描回形针

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择上视基准面作为草图平面，绘制图 3-76 所示的轮廓，完全定义草图后保存并退出。

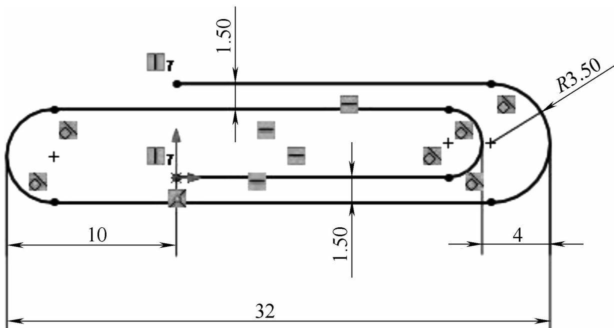


图 3-76　绘制“草图 1”

步骤 5　绘制“草图 2”

选择右视基准面作为草图平面，绘制图 3-77 所示的轮廓，完全定义草图后保存并退出。

步骤 6　创建“扫描 1”特征

选择【扫描】，并在【扫描】属性框中按图 3-78 所示进行参数设置。【轮廓】选择“草图 2”、【路径】选择“草图 1”、其他为默认设置。完成后单击按钮✓退出。

步骤 7　编辑材料

指定材料为“延性铁”。

步骤 8　保存并关闭模型

将模型命名为“扫描-回形针”，保存并关闭模型。

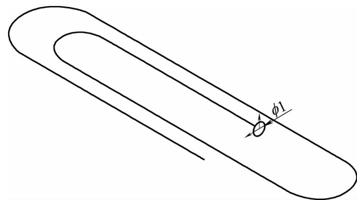


图 3-77　绘制“草图 2”



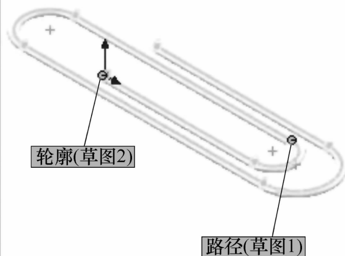


图 3-78　设置“扫描 1”参数

3.6.2　扫描-引导线

建立如图 3-79 所示名为“扫描-铸件”的模型。

已知：

材料：1060 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”并创建“凸台-拉伸 1”特征

打开【拉伸凸台/基体】并选择上视基准面作为草图平面，绘制图 3-80 所示的封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

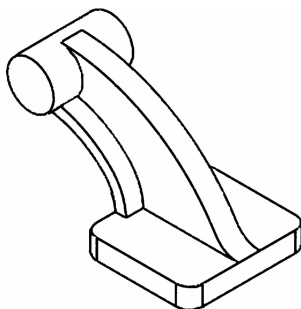


图 3-79　扫描-铸件

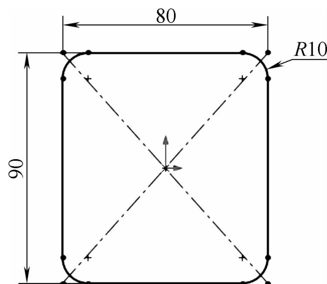


图 3-80　绘制“草图 1”

在【凸台-拉伸 1】属性框中，设置【终止条件】为【给定深度】、【深度】为 15.00mm，完成后单击按钮✓退出。

步骤 5 绘制“草图 2”并创建“凸台-拉伸 2”特征

打开【拉伸凸台/基体】并选择前视基准面作为草图平面，绘制图 3-81 所示的圆，完全定义草图后保存并退出。

在【凸台-拉伸 2】属性框中，设置【终止条件】为【两侧对称】、【深度】为 60.00mm，完成后单击按钮✓退出。

步骤 6 创建路径

选择前视基准面作为草图平面，并绘制图 3-82 所示图形，完全定义草图后保存并退出。

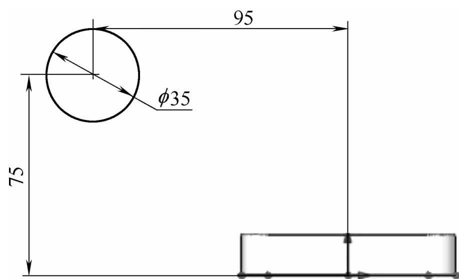


图 3-81 绘制“草图 2”

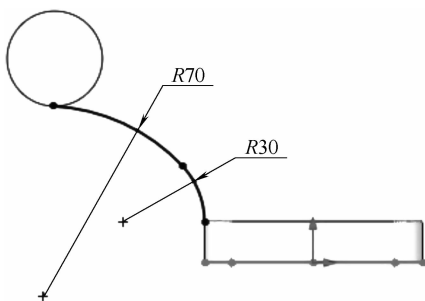


图 3-82 创建路径

步骤 7 创建引导线

选择前视基准面作为草图平面，并绘制图 3-83 所示的图形，完全定义草图后保存并退出。

步骤 8 创建轮廓

选择图 3-84 所示模型表面作为草图平面，并绘制图示封闭轮廓，该轮廓基于构造线对称，构造线为穿过原点的水平直线（除构造线的长度尺寸未定义，其余均需定义）。

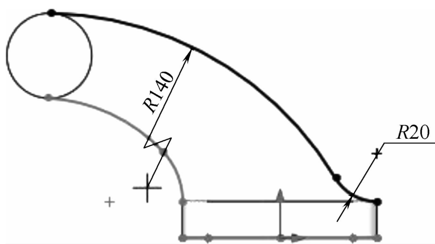


图 3-83 创建引导线

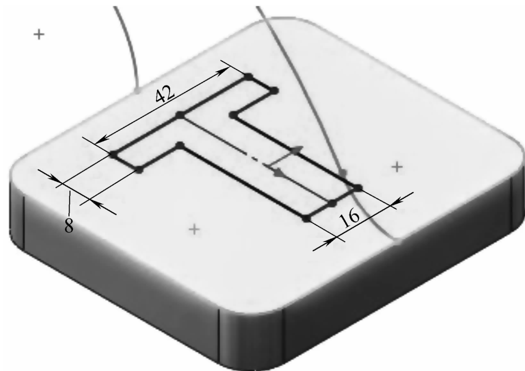


图 3-84 创建轮廓

添加第一个【穿透】关系，如图 3-85 所示选择当前草图的“点”（构造线的一端点）和“草图 3”的“圆弧”（【路径】草图中连接【轮廓】处的几何体）并在属性框中添加【穿透】的几何关系。

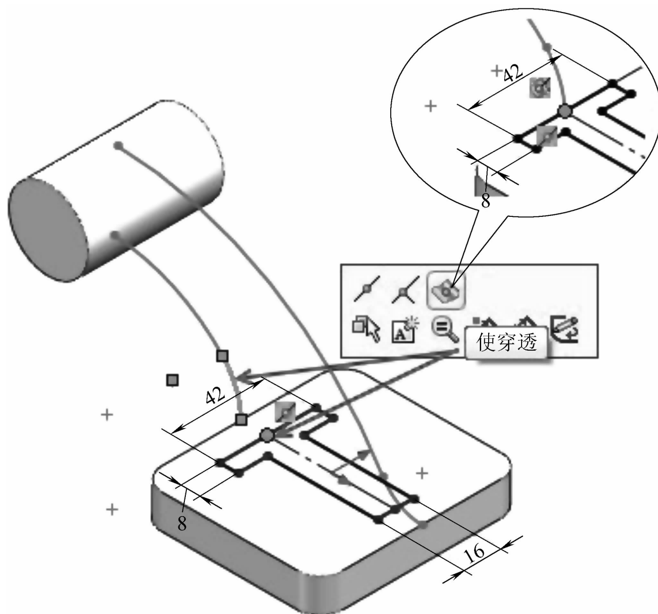


图 3-85　添加第一个【穿透】几何关系

添加第二个【穿透】关系，如图 3-86 所示选择当前草图的“点”（构造线的另一端点）和“草图 4”的“圆弧”（【引导线】草图中连接【轮廓】处的几何体）并在属性框中添加【穿透】的几何关系，完成后保存并退出草图。

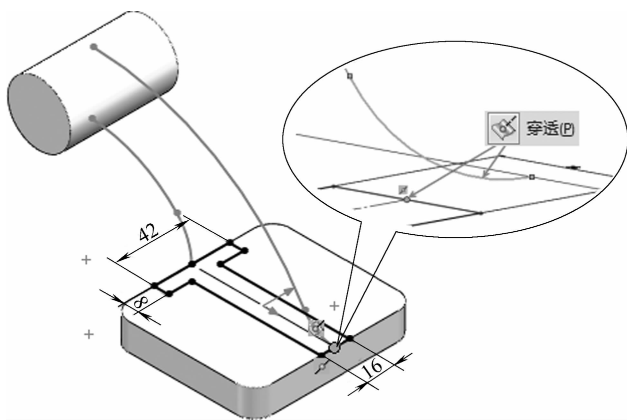


图 3-86　添加第二个【穿透】几何关系



提示 在使用【引导线】时需要注意，随引导线变化的轮廓定型尺寸，在添加【穿透】几何关系前不可将其完全定义，否则轮廓将不能随引导线而变化。

步骤 9　创建“扫描 1”特征

选择【扫描】，在其属性框中按图 3-87 所示进行参数设置。【轮廓】选择“草图 5”、【路径】选择“草图 3”、【引导线】选择“草图 4”、【方向/扭转控制】设为【随路径和第一引导线变化】（或选择【随路径变化】）。完成后单击按钮✓退出。

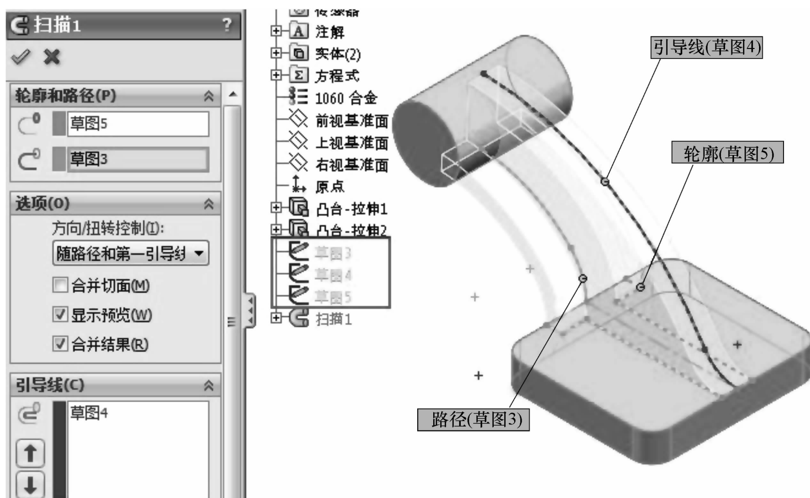


图3-87 设置“扫描1”参数

在选择【轮廓】、【路径】或【引导线】时可在界面空白处右击，打开【SelectionManager】选择器，可以通过该选择器选择一个封闭的区域、一个开环或组等，如图3-88所示。

步骤10 编辑材料

指定材料为“1060铝合金”。

步骤11 保存并关闭模型

将模型命名为“扫描-铸件”，保存并关闭模型。

3.6.3 扫描-不规则弹簧

建立如图3-89所示名为“扫描-不规则弹簧”的模型。

已知：$A=60$，$B=35$（半径）。

材料：铸造碳钢。

密度：7800kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。



图3-88 打开【SelectionManager】选择器

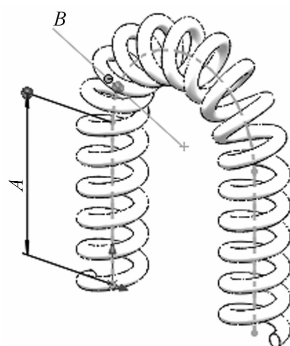


图3-89 扫描-不规则弹簧

步骤1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤2　新建零件

在SolidWorks中新建一个零件。

步骤3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为2。

步骤4　创建路径

选择【前视基准面】作为草图平面，绘制如图3-90所示的轮廓，完全定义草图后保存并退出。

步骤5　创建轮廓

选择前视基准面作为草图平面，绘制如图3-91所示的轮廓，完全定义草图后保存并退出。

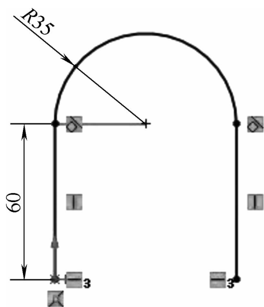


图3-90　创建路径

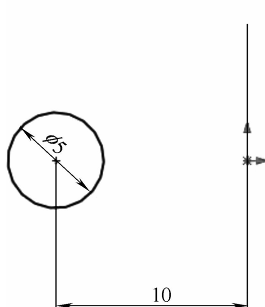


图3-91　创建轮廓

步骤6　创建“扫描1”特征

选择【扫描】，在其属性框中按图3-92所示进行参数设置。【轮廓】选择“闭合组<1>”、【路径】选择“草图1”、【方向/扭转控制】为【沿路经扭转】、【定义方式】为【旋转】、【圈数】为20.00圈。完成后单击按钮✓退出。

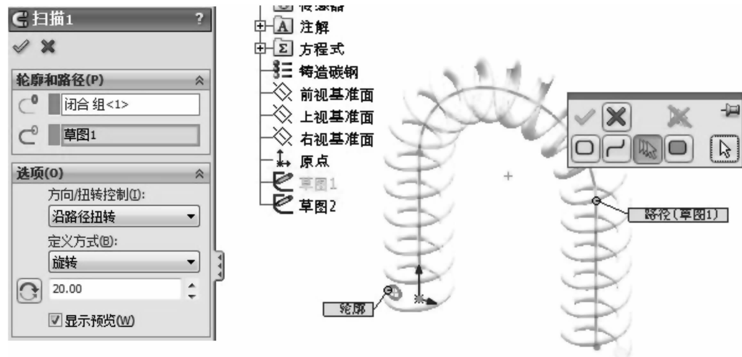


图3-92　设置“扫描1”参数

步骤7　编辑材料

指定材料为“铸造碳钢”。

步骤8　保存并关闭模型

将模型命名为“扫描-不规则弹簧”，保存并关闭模型。

3.7 拔模和拔模分析

3.7.1 概述

铸造成形和注射成形的零件都需要拔模，其应用之一可使模具零件更容易脱出模具。

拔模分析工具是用来检查拔模应用到零件上的情况。有了拔模分析，用户可核实拔模角度，检查面内的角度变化，以及找出零件的分型面、浇注面和出坯面。

3.7.2 应用

在前面的学习中，介绍了在使用【拉伸】时可以进行拔模，在后续的学习中，【筋】命令也可以进行拔模，或者可以直接在现有的零件上插入拔模。

打开图3-93所示名为“手机壳”的零件，使用【拔模】和【拔模分析】来编辑模型，使该模具零件更容易脱出模具。



图3-93 手机壳

已知：拔模方向为【前视基准面】。

步骤1 拔模分析

选择【拔模分析】，按图3-94所示进行参数设置。【拔模方向】选择【前视基准面】、方向指向模型（可通过单击按钮来改变）、【拔模角度】为3.00度、勾选【面分类】复选框，如果有需要则可通过【颜色设定】来更改面分类的显示颜色或通过单击按钮来显示和隐藏面。完成后单击按钮退出。

步骤2 分析结果

通过【拔模分析】可知，相对于【前视基准面】共有156个【正拔模】、8个【需要拔模】、35个【负拔模】。由于每种面的颜色是不一样的，所以十分方便查看。

步骤3 添加“拔模”特征

选择【拔模】，按图3-95所示进行参数设置。选择【手工】、【拔模类型】为【中性面】、【拔模角度】为3.00度、【中性面】为【前视基准面】、【拔模方向】可通过单击按钮来更改、在【拔模面】中选择需要拔模的8个面（默认为黄色）。完成后单击按钮退出。



图3-94 设置【拔模分析】参数



图3-95 设置“拔模”参数

步骤 4　查看结果

此时前面通过【拔模分析】得到的 8 个需要拔模面，现已符合拔模分析的边界设定。

再次单击【拔模分析】关闭分析结果。

3.8　抽壳和筋

建立如图 3-96 所示名为“冰块盒”的模型。

已知：

材料：ABS。

密度：1020kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

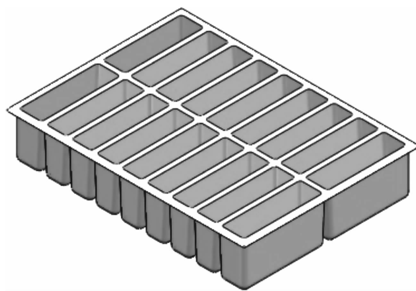


图 3-96　冰块盒

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择上视基准面作为草图平面，并绘制图 3-97 所示的矩形，完全定义后保存并退出草图。

步骤 5　创建“凸台-拉伸 1”特征

打开【凸台拉伸/基体】拉伸“草图 1”，设定【终止条件】为【给定深度】、【深度】为 20.00mm，完成后单击按钮✔退出。

步骤 6　创建“抽壳 1”特征

选择【抽壳】，在【参数】中设置【厚度】为 2.50mm，选择图 3-98 所示的“面 1”为【移除的面】（等轴测显示模型再选择该面），在【多厚度设定】中设置【厚度】为 3.00mm，选择与“面 1”相对的面“面 2”作为【移除的面】，完成后单击按钮✔退出。

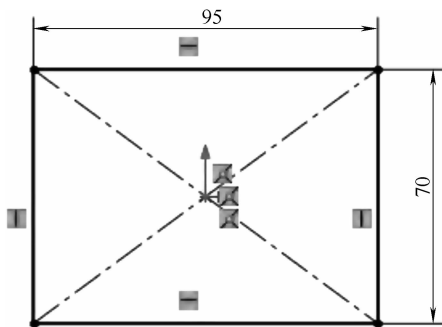


图 3-97　绘制“草图 1”

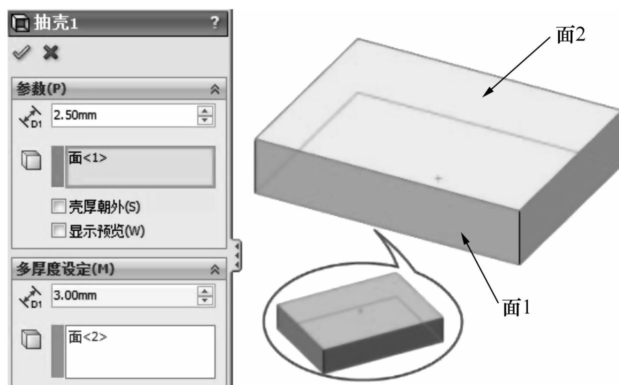


图 3-98　设置“抽壳 1”参数

步骤7　绘制“草图2”

选择图3-99所示模型表面作为草图平面，绘制图3-100所示草图轮廓，首先绘制图中两条直线（一条竖直线一条水平线），绘制完成后使用【线性阵列1】进行阵列（X轴方向阵列【实例数】为9个、【间隙】为10mm、【要阵列的实体】为竖直线），完成后单击按钮✓退出。

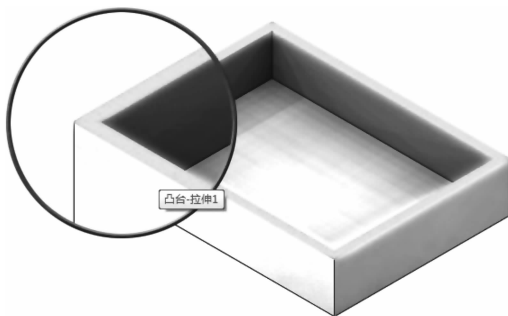


图3-99　选择草图平面

步骤8　创建“筋1”特征

选择【筋】，并选择“草图2”为特征所用，在其属性框中按图3-101所示进行参数设置。【类型】为【两侧】、【厚度】为2.00mm，选择【在草图基准面处】，单击按钮或按钮调整【拉伸方向】，添加【拔模】、【拔模角度】为3.00度、勾选【向外拔模】复选框。完成后单击按钮✓退出。

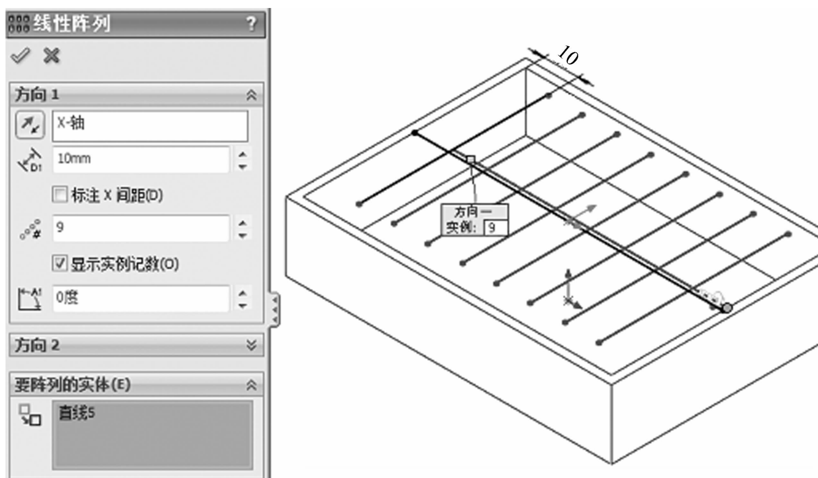


图3-100　设置“线性阵列1”参数

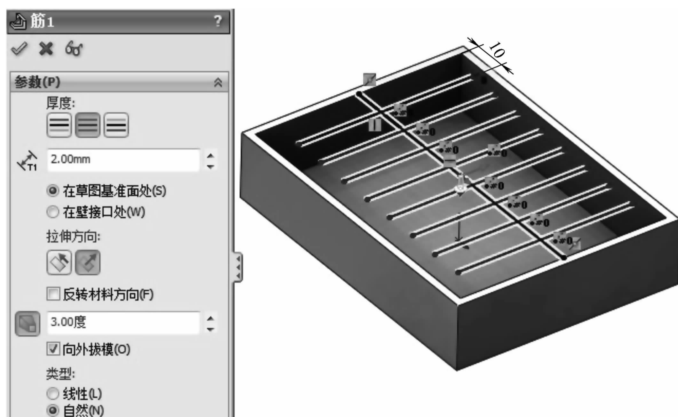


图3-101　设置“筋1”参数

步骤 9　创建“圆角 1”特征

选择【圆角】，选择【FilletXpert】，并选择【添加】，在【圆角项目】中选择一条凹陷的边线，此时不要移动鼠标，将会出现图 3-102 右侧所示关联工具栏，选择【所有凹陷，143 边线】，一次性添加完成后输入【半径】为 1.00mm，再单击【应用】（可不选【完整预览】单选框以减少加载时间）。完成后单击按钮✓退出。

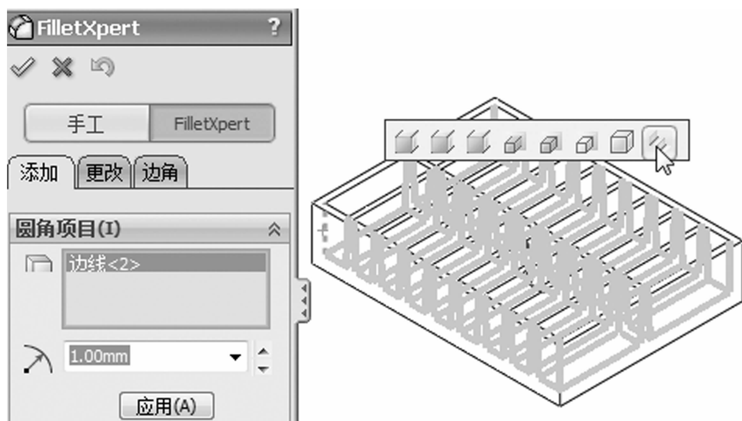


图 3-102　通过圆角专家选择所有凹陷边线

步骤 10　创建“抽壳 2”特征

选择【抽壳】，按图 3-103 所示进行参数设置。【厚度】为 1.00mm、在【要移除的面】中选择除第一次抽壳选择的面以外的其余 5 个面。完成后单击按钮✓退出。

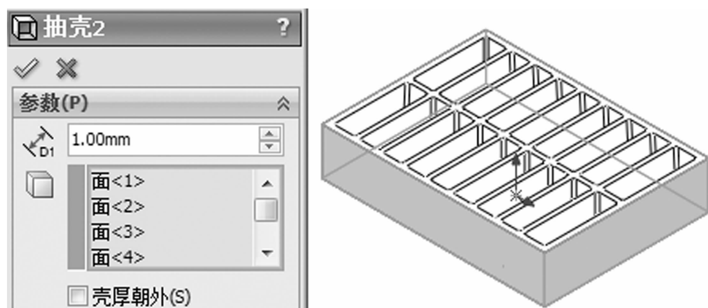


图 3-103　设置“抽壳 2”参数

步骤 11　编辑材料

指定材料为“ABS”。

步骤 12　保存并关闭模型

将模型命名为“冰块盒”，保存并关闭模型。

3.9　放样

3.9.1　放样-漏斗

建立如图 3-104 所示名为“放样-漏斗”的模型。

已知：

材料：ABS。

密度：1020kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤2　新建零件

在SolidWorks中新建一个零件。

步骤3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为2。

步骤4　创建“基准面1”特征

打开【参考几何体】选择【基准面】创建一个平行于“上视基准面”的基准面，在【第一参考】里面选择“上视基准面”，设定【距离】为80.00mm，选择【等轴测】，如图3-105所示，方向不对时可通过勾选【反转】复选框来进行调整，完成后单击按钮✓退出。



图3-104　放样-漏斗　　　　**图3-105　设置“基准面1”参数**

步骤5　创建放样轮廓1（“草图1”）

选择上视基准面作为草图平面绘制图3-106所示的封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

步骤6　创建放样轮廓2（“草图2”）

选择“基准面1”作为草图平面，从原点绘制一个直径为25mm的圆，完全定义草图后保存并退出。其中尺寸25和40定义的弧为椭圆弧。

步骤7　创建“放样1”特征

选择【放样凸台/基体】，在其属性框中选择【轮廓】列表框，并在设计树中选择“草图1”和“草图2”为放样轮廓，其他默认为设置，如图3-107所示，完成后单击按钮✓退出。

图3-107中两个绿色的点为接头，可通过单击来拖动接头以调整模型的外形轮廓，也可通过右击该接头来选择【显示所有接头】、【隐藏所有接头】、【重设接头】等命令。

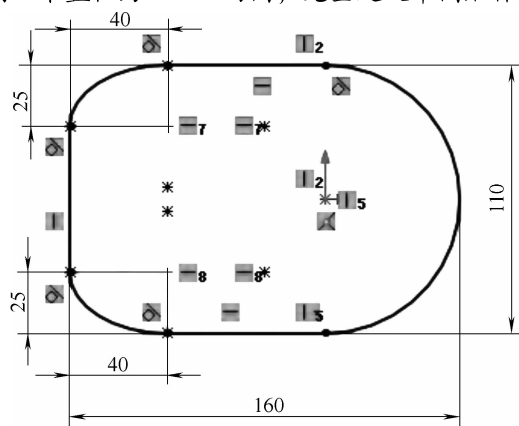


图3-106　创建放样轮廓1

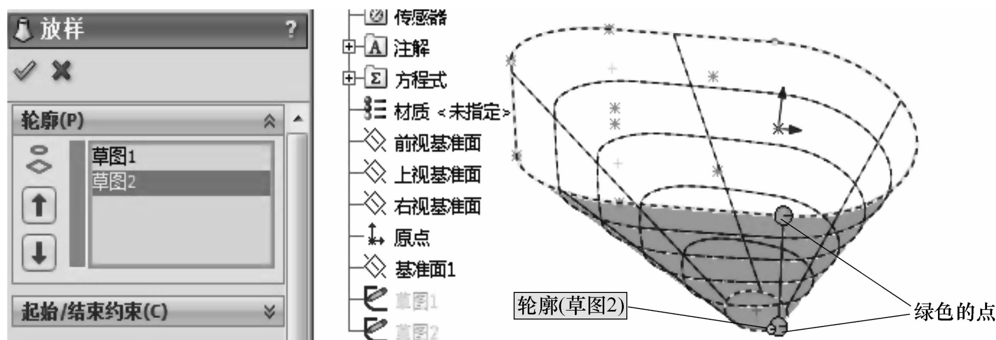


图 3-107 创建“放样 1”特征

步骤 8 创建“基准面 2”

打开【参考几何体】选择【基准面】来创建一个平行于“基准面 1”的基准面，在【第一参考】里选择“基准面 1”，设定【距离】为 50. 00mm，选择【等轴测】，如图 3-108 所示，方向不对时可通过勾选【反转】复选框来进行调整，完成后单击按钮✓退出。

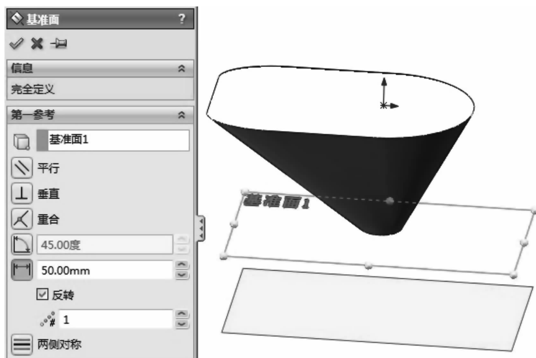


图 3-108 设置“基准面 2”参数

步骤 9 创建放样轮廓 3（“草图 3”）

选择“基准面 2”作为草图平面，从原点绘制一个直径为 11mm 的圆，完全定义草图后保存并退出。

步骤 10 创建“放样 2”特征

选择【放样凸台/基体】，在其属性框中选择【轮廓】选项组，并在图形界面对应地选择“草图 3”和“边线 1”几何体为放样【轮廓】（选择“边线 1”时需要注意，可通过右击界面空白处，打开【SelectionManager】选择器【选择组】来添加)，其他为默认设置，如图 3-109 所示。完成后单击按钮✓退出。



为什么要说“在图形界面对应地选择轮廓的几何体”，如果不对应地选择，其接头将会出现图 3-110 所示情况，有时还会导致模型扭曲，直接放样失败，这种情况就需要通过手动拖动接头来调整放样外形。

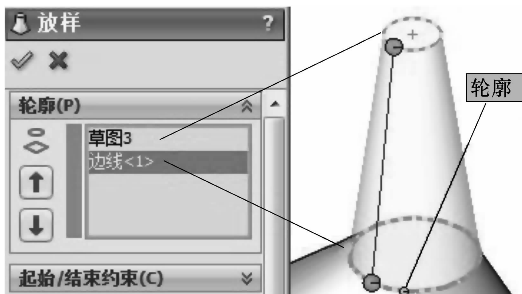


图 3-109 选择放样轮廓

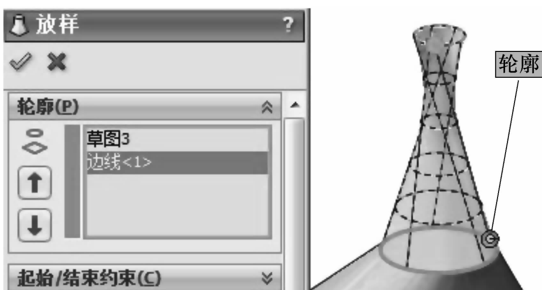


图 3-110 【接头】不对齐影响放样结果

步骤11 创建“抽壳1”特征

选择【抽壳】，在【参数】中设置【厚度】为1.50mm，选择图3-111中指定的两面为【移除的面】，完成后单击按钮✓退出。

步骤12 创建“凸台-拉伸1”特征

选择【拉伸凸台/基体】并选择上视基准面作为草图平面，绘制图3-112所示封闭轮廓（建议除了半径为55mm的圆弧外，其余几何体均使用【转换实体引用】来绘制），完全定义草图后保存并退出。

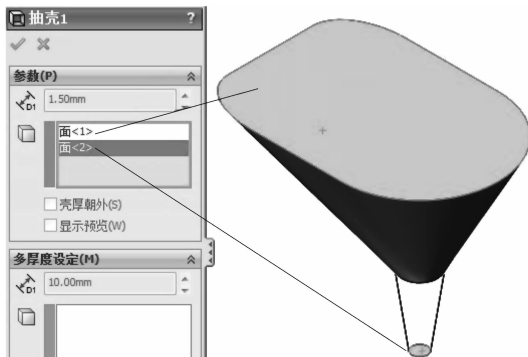


图3-111 设置“抽壳1”参数

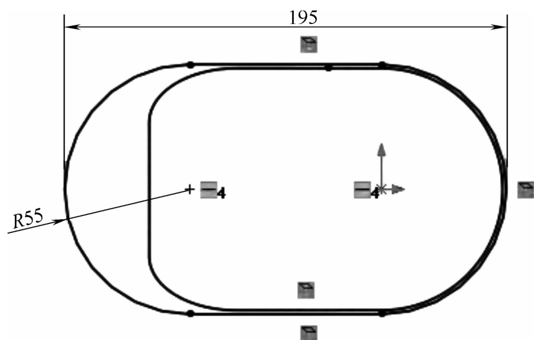


图3-112 绘制“草图4”

如图3-113所示，设置【终止条件】为【给定深度】，【深度】为1.50mm，勾选【合并结果】复选框，注意拉伸方向，完成后单击按钮✓退出。

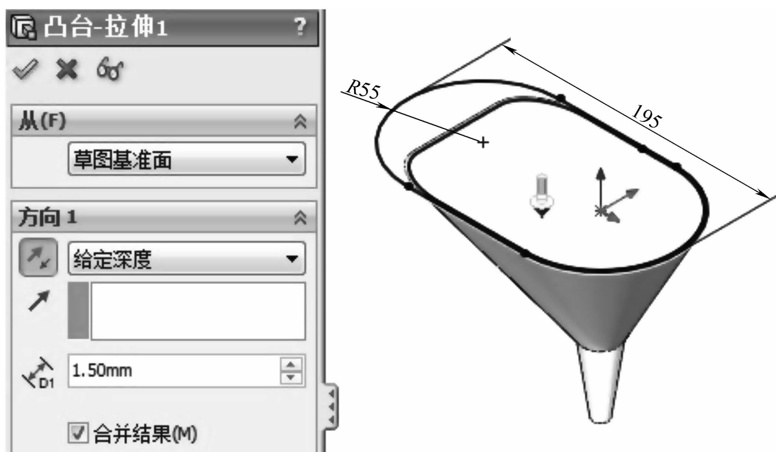


图3-113 设置“凸台-拉伸1”参数

步骤13 创建“切除-拉伸1”特征

选择【拉伸凸台/基体】并选择上视基准面作为草图平面，绘制图3-114所示封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

在【切除-拉伸1】属性框中设置【终止条件】为【成形到下一面】，注意拉伸方向，完成后单击按钮✓退出。

步骤14 编辑材料

指定材料为“ABS”。

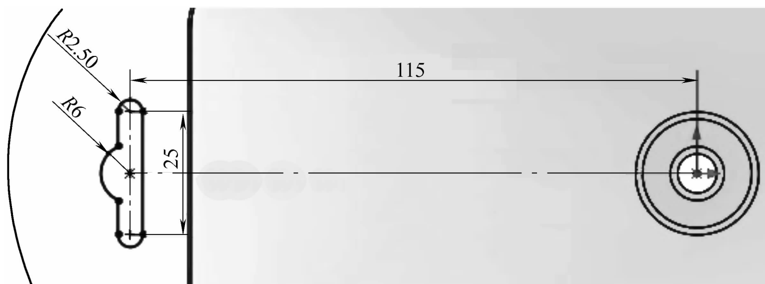


图 3-114　绘制“草图 5”

步骤 15　保存并关闭模型

将模型命名为“放样-漏斗”，保存并关闭模型。

3.9.2　放样-铸件

建立如图 3-115 所示名为“放样-铸件”的模型。

已知：

材料：1060 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

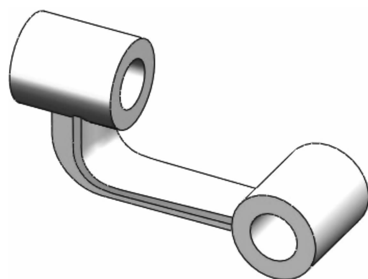


图 3-115　放样-铸件

步骤 1　分析模型

首先对模型进行分析。

步骤 2　新建零件

在 SolidWorks 中新建一个零件。

步骤 3　环境设置

在绘图前设置环境，单位系统为“MMGS”、小数位数为 2。

步骤 4　绘制“草图 1”

选择前视基准面作为草图平面绘制如图 3-116 所示封闭轮廓，完全定义草图后保存并退出。

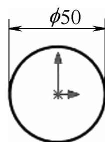


图 3-116　绘制“草图 1”

步骤 5　创建“凸台-拉伸 1”特征

选择【凸台拉伸/基体】拉伸“草图 1”，设定【终止条件】为【两侧对称】，【深度】为 60.00mm，完成后单击按钮✔退出。

步骤 6　绘制“草图 2”

选择右视基准面作为草图平面，绘制如图 3-117 所示草图，完全定义草图后保存并退出。

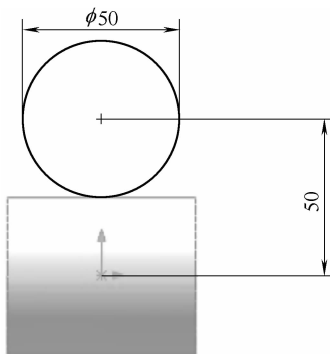


图 3-117　绘制“草图 2”

步骤 7　创建“凸台-拉伸 2”特征

选择【凸台拉伸/基体】拉伸“草图 2”，将模型定义为【等轴测】，设定【开始条件】为【等距】（方向不对可通过单击按钮改变），【距离】为 100.00mm，设定【终止条

件】为【给定深度】(方向不对可通过单击按钮改变),【深度】为60.00mm,如图3-118所示,完成后单击按钮退出。

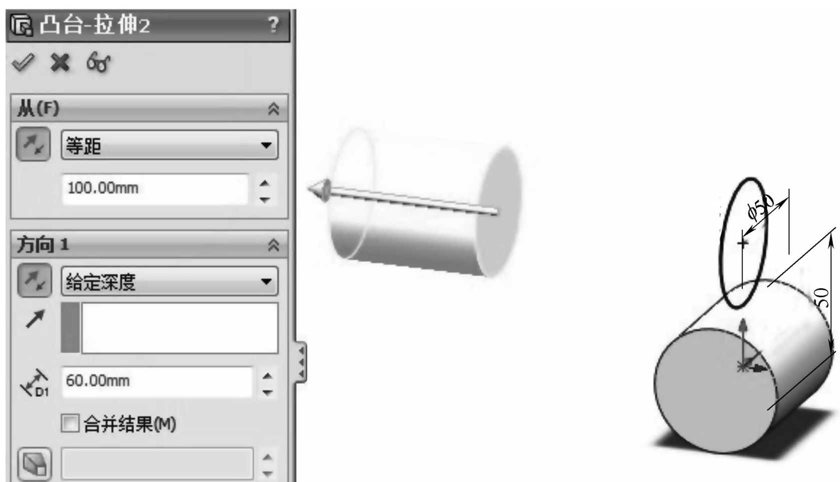


图3-118　设置“凸台-拉伸2”参数

步骤8　创建“基准面1”特征

单击【参考几何体】中的【基准面】,创建一个平行于“上视基准面”的基准面,在【第一参考】里选择“上视基准面”,设定【距离】为50.00mm,选择【等轴测】,如图3-119所示,方向不对时可通过勾选【反转】复选框来进行调整,完成后单击按钮退出。

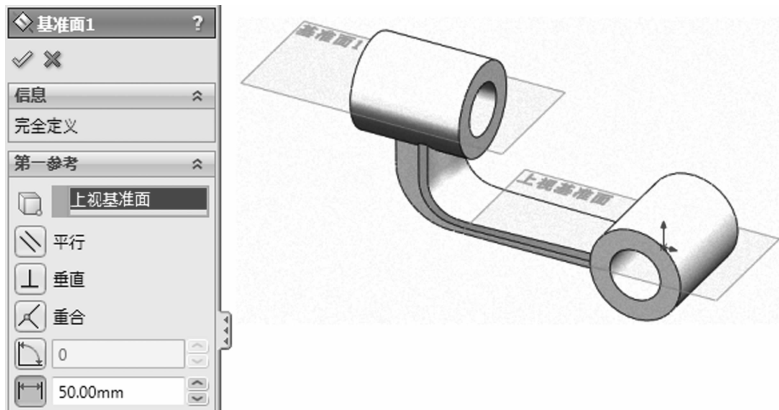


图3-119　设置“基准面1”参数

步骤9　创建放样轮廓1

选择“基准面1”作为草图平面,绘制如图3-120所示草图,完全定义草图后保存并退出。

步骤10　创建放样轮廓2

选择前视基准面作为草图平面,绘制如图3-121所示草图,完全定义草图后保存并退出。

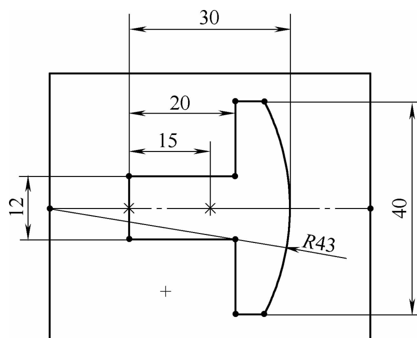


图 3-120　创建放样轮廓 1

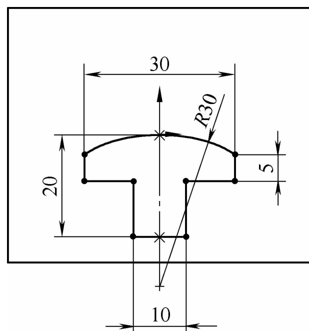


图 3-121　创建放样轮廓 2

步骤 11　创建放样引导线

选择前视基准面作为草图平面，绘制如图 3-122 所示草图，两条引导线共 4 个顶点分别与轮廓 1 和轮廓 2 添加【穿透】几何关系，完全定义草图后保存并退出。

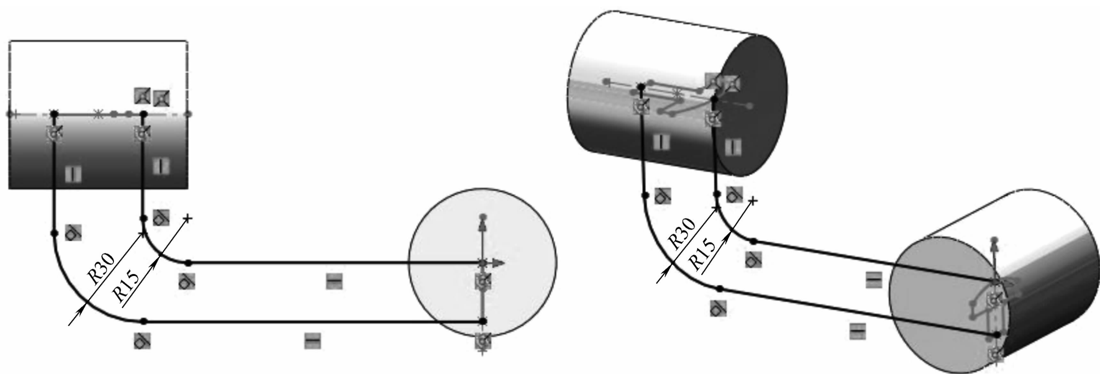


图 3-122　添加【穿透】几何关系

步骤 12　创建“放样 1”特征

选择【放样凸台/基体】，在其属性框中选择【轮廓】选项组，并在设计树中选择“草图 3”和“草图 4”为放样轮廓，选择【引导线】，使用【SelectionManager】选择器分别选择两条引导线“组 1”和“组 2”，如图 3-123 所示，其他为默认设置，完成后单击按钮✓退出。

步骤 13　创建“切除-拉伸 1”特征

选择图 3-124 所示模型表面为草图平面，绘制一个直径为 28mm 的同心圆，完全定义草图后保存并退出。在【切除-拉伸 1】的属性框中设置【终止条件】为【成形到下一面】，其他为默认设置，完成后单击按钮✓退出。

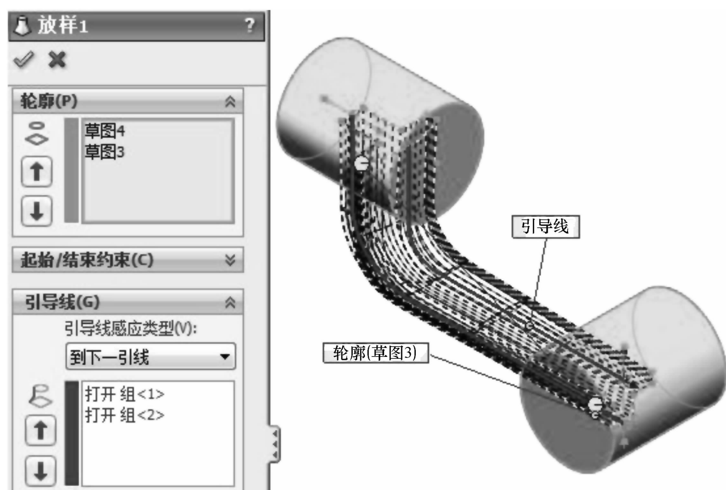


图 3-123　创建“放样 1”特征

步骤 14　创建“切除-拉伸 2”特征

同【切除-拉伸 1】一样，选择另一个圆柱的表面作为草图平面，绘制一个直径为 28mm 的同心圆，完全定义草图后保存并退出。在【切除-拉伸 2】的属性框中设置【终止条件】为【成形到下一面】，其他为默认设置，完成后单击按钮✓退出。

步骤 15　编辑材料

指定材料为“1060 铝合金”。

步骤 16　保存并关闭模型

将模型命名为“放样-铸件”，保存并关闭模型。

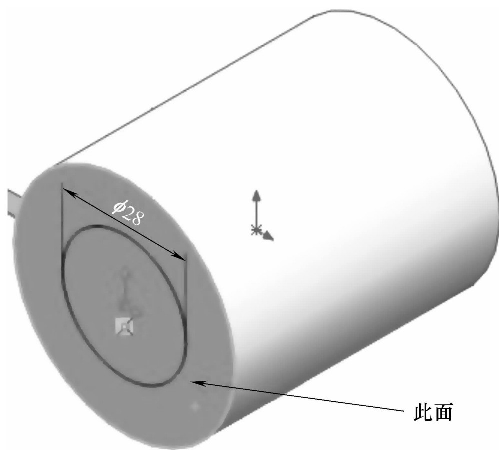


图 3-124　创建“切除-拉伸 1”

3.10　课后小结

本章主要针对 SolidWorks 中几种基本特征的应用进行了介绍，通过本章的练习，学生可以掌握使用基本特征进行零件建模的能力。

3.11　课后练习

练习 1

使用【拉伸】建立如图 3-125 所示三角星模型。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用

正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=100$（直径），$B=80$（直径），拔模角度为50°。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

练习 2

建立如图 3-126 所示模型。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=100$，$B=50$，$C=60$，$D=25$。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

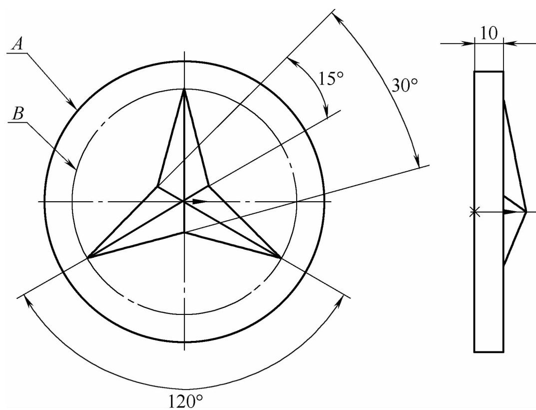


图 3-125　三角星模型

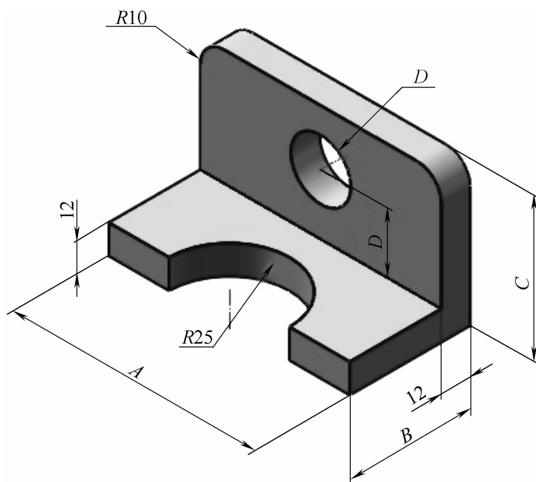


图 3-126　固定件 1

练习 3

建立如图 3-127 所示结构件。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=80$，$B=25$，$C=25$，$D=30$，$E=50$。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

练习 4

建立如图 3-128 所示结构件。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与

特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=70$，$B=50$，【异型孔向导】参数：柱形沉头孔、Ansi Metric 标准、六角螺栓、M10 大小、【正常】配合、终止条件为【成形到下一面】、其他为默认设置。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

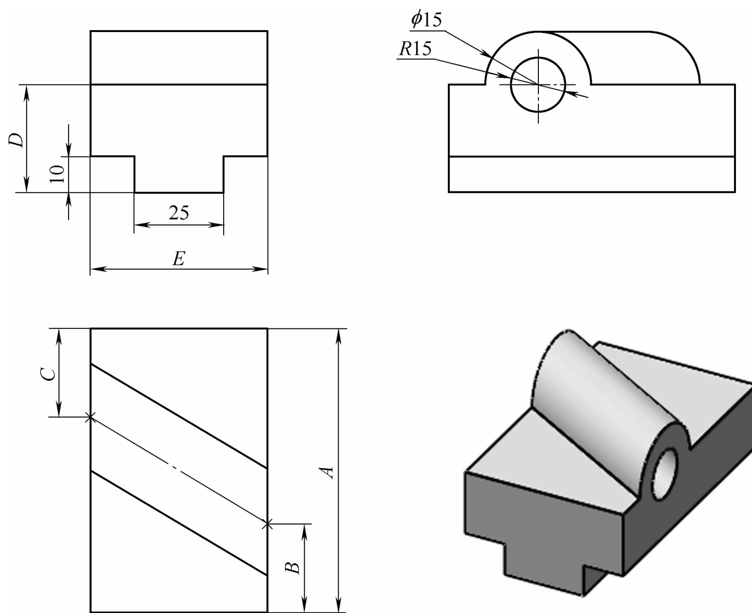


图 3-127　结构件（一）

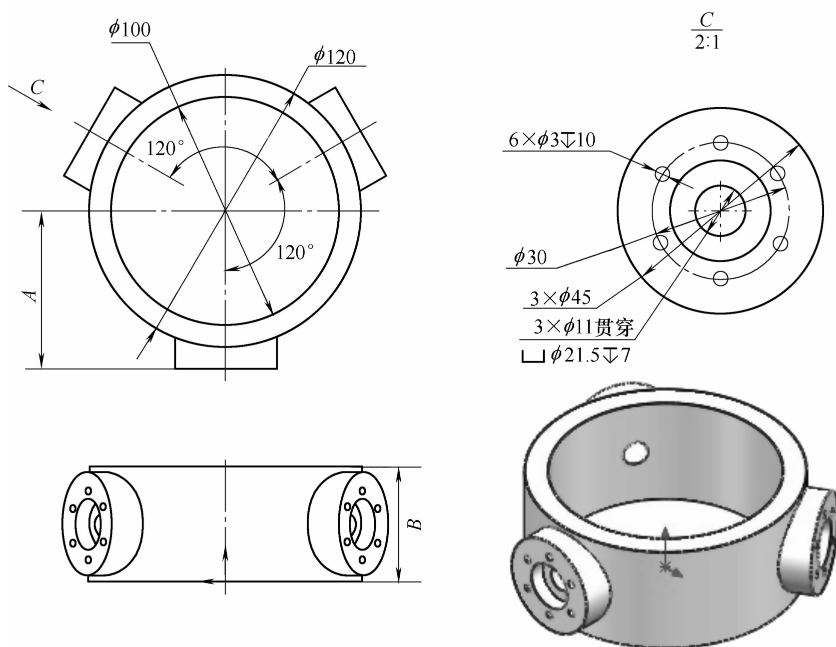


图 3-128　结构件（二）

练习 5

建立如图 3-129 所示铸件。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=110$，$B=80$，$C=70$，未注圆角为 $R5$。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

练习 6

建立如图 3-130 所示轮子。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=40$，$B=29$，$C=40$（半径）。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

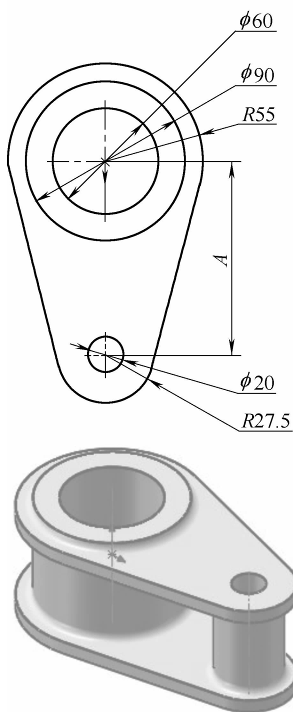


图 3-129 铸件

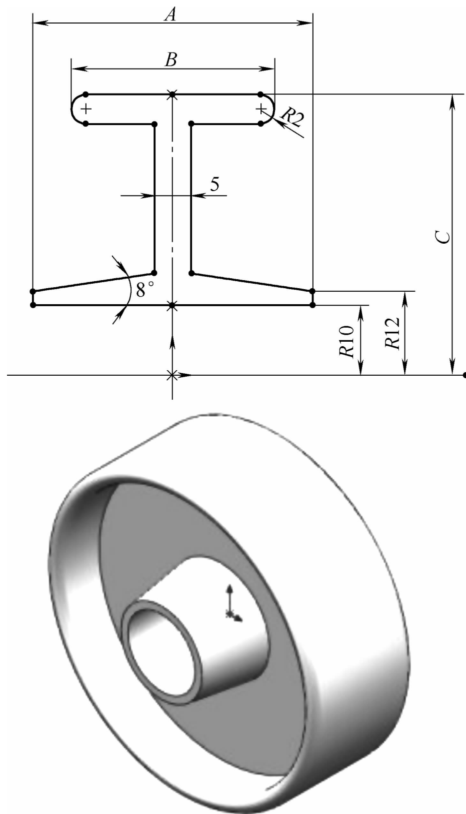


图 3-130 轮子

练习 7

建立如图 3-131 所示扣环。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=120$，$B=80$，$C=160$，$D=45°$。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m³。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

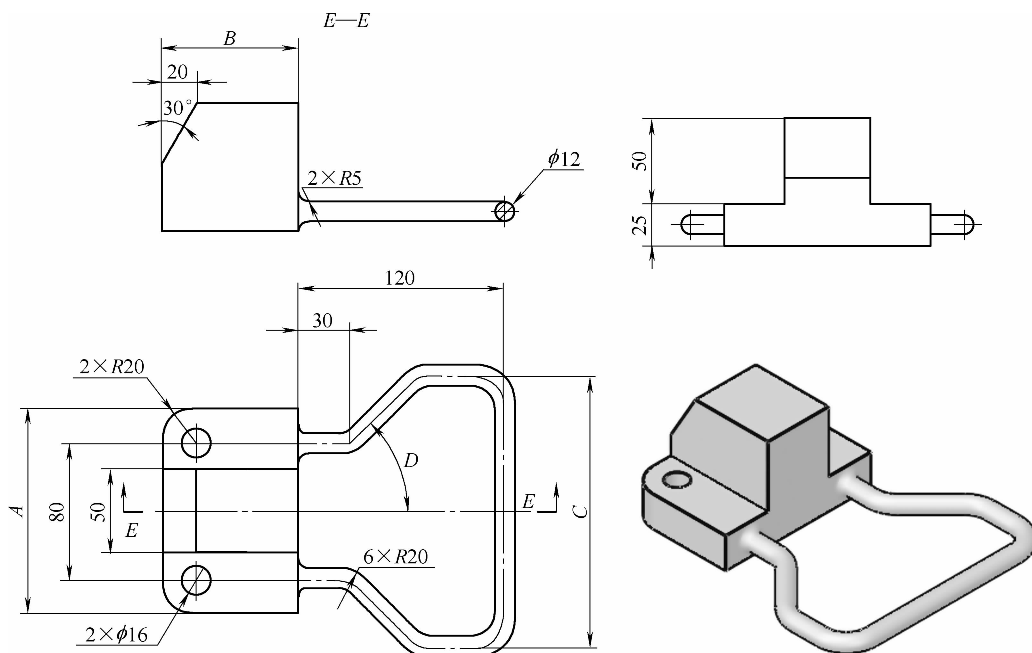


图 3-131　扣环

练习 8

建立如图 3-132 所示铸件。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=80$（直径），$B=20$（直径），$C=35$，使用圆角专家并选择所有凹陷边线倒 R1 圆角。

材料：6061 铝合金。

密度：2700kg/m³。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

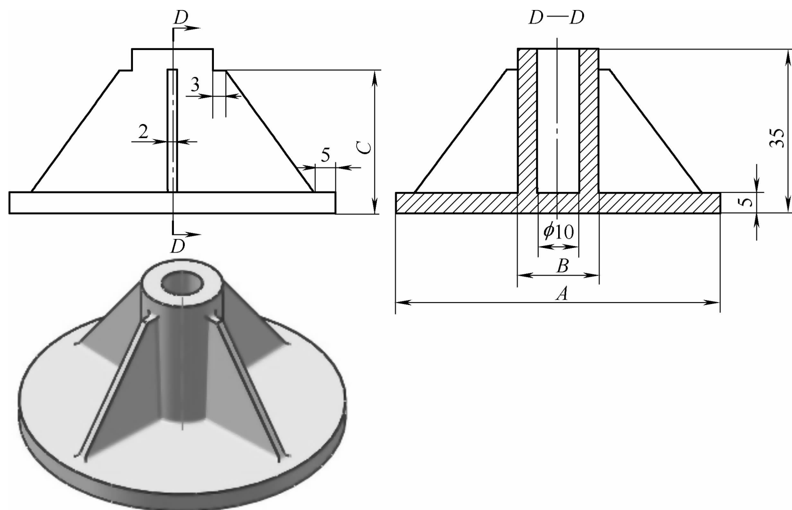


图 3-132　铸件

练习 9

建立如图 3-133 所示茶杯。设置文档属性，识别正确的草图平面，应用正确的草图与特征工具，并指定材料。根据提供的信息计算零件的总质量、体积和质心的位置。

已知：$A=100$，$B=40$，$C=70$（直径）。

材料：玻璃。

密度：2457. 60kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

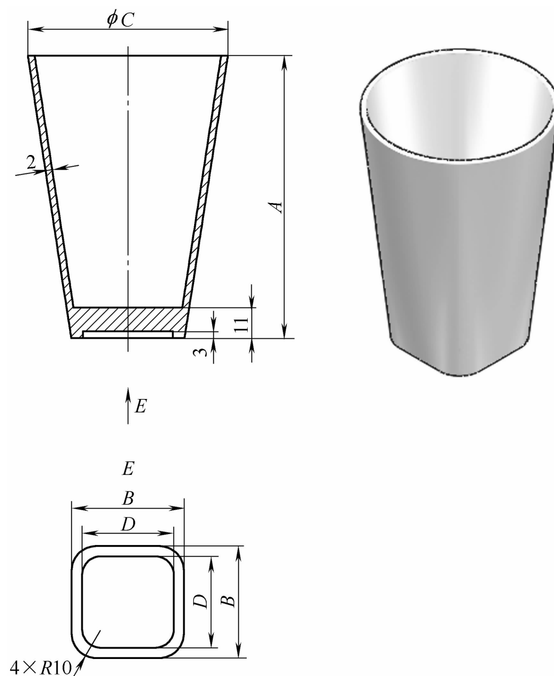


图 3-133　茶杯

第 4 章　装　配　体

【学习目标】

- 了解装配体的概念
- 通过学习自底向上的装配体建模方式完成简单的装配
- 使用自顶向下的装配体方式建模
- 创建爆炸视图
- 创建爆炸草图直线

4.1　概述

装配体是由许多零部件组成的复杂装配体。这些零部件可以是零件、组件或其他装配体，称为子装配体。添加零部件到装配体，在装配体和零部件之间生成连接。当 SolidWorks 打开装配体时，将查找零部件文件以在装配体中显示。零部件中的更改自动反映在装配体中。

装配体文件的扩展名为“ *.sldasm”。欲从零件生成装配体，可在标准工具栏中单击【从零件/装配体制作装配体】，或者单击【文件】/【从零件制作装配体】。装配体会与插入零部件 PropertyManager 同时打开。在图形区域中单击零件可以将零件添加到装配体。SolidWorks 装配体中使第一个插入的零部件固定。

4.2　装配体设计方案

在 SolidWorks 装配体中有四种设计方案：自底向上的装配体建模、自顶向下的装配体建模、布局设计、智能零部件设计。本章将介绍自底向上的装配体建模和自顶向下的装配体建模。

4.3　自底向上的装配体建模

自底向上的装配体建模 是通过加入已有零件并调整其方向来创建的。零件在装配体中以零部件的形式加入，在零部件之间创建配合，可以调整其在装配体中的方向和位置。

（1）配合关系　指零部件的表面或边与基准面、其他的表面或边的约束关系。

（2）自由度　空间中未受约束的刚性实体具有六个自由度：三个平移自由度和三个旋转自由度。即可沿其 X、Y、Z 轴移动并绕其 X、Y、Z 轴旋转，如图 4-1 所示。

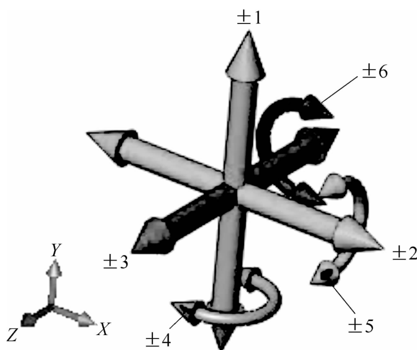


图 4-1　自由度

4.3.1 操作流程

1. 创建一个新的装配体

创建装配体的方法和创建零件的方法相同。

2. 添加第一个零部件

可以采用几种方法向装配体中添加零部件，可从打开的零件窗口中或从 Windows 资源管理器中拖放到装配体文件中。

3. 放置第一个零部件

在装配体中加入第一个零部件时，该零部件会自动地被设为固定状态，其他的零部件可以在加入后再定位。

4. 装配体的设计树及符号

在装配体中，装配体的设计树包含大量的符号、前缀和后缀，它们提供关于装配体和其中零部件的信息。

5. 零部件间的配合关系

用配合来使零部件相对于其他部件定位，配合关系限制了零部件的自由度。

6. 子装配体

在当前的装配体中既可以新建一个装配体，也可以插入一个装配体。系统把子装配体当做一个零部件来处理。

4.3.2 装配过程

装配图 4-2 所示的“装载机”装配体。

步骤 1　创建装配体

打开 SolidWorks 并新建一个装配体文件。

步骤 2　插入第一个零部件

在装配体设计树【开始装配体】属性框中单击【浏览】，在弹出的【开始装配体】对话框中选择“装载机”文件夹中的“后体”零部件，勾选“图形预览”，单击按钮✔以放置零部件，如图 4-3 所示。



图 4-2　“装载机”装配体



单击界面任何一处即可将模型放置到装配体中，这里请勿进行此操作。

在装配体中插入的第一个零部件会自动添加一个【固定】配合 (固定)，此零件的自由度均被固定，无法进行移动和旋转，可通过右击选择【浮动】来解除【固定】。直接单击按钮✔以放置零件是要将零件的坐标系和装配体的坐标系重合，所以通常第一个插入到装配体中的零部件往往是基座、箱体之类的重要组成部件。

步骤 3　插入“前体”零部件

单击菜单栏的【插入】/【零部件】/【现有零件/装配体】，或者直接单击常用特征工具栏中【装配体】/【插入零部件】。在左边【插入零部件】属性框中单击【浏览】，在弹出的【插入零部件】对话框中选择“装载机”文件夹中的“前体”零部件，单击打开并插入到装配体中，此时在图形界面任意一处单击可将“前体”零部件放置到装配体中，如图 4-4 所示。

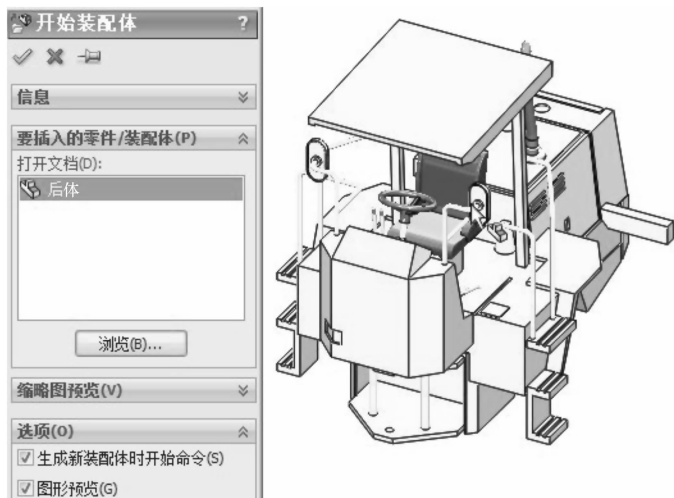


图 4-3　插入“后体”零部件

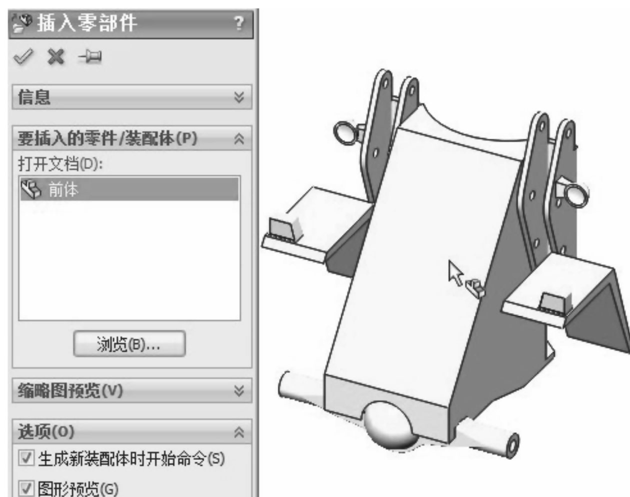


图 4-4　插入“前体”零部件

步骤 4　装配零部件

第二个插入到装配体中的零部件将不会被添加【固定】配合，此时的零部件将具有 6 个自由度，可通过鼠标轻松地控制零部件的移动和旋转。

1）左键：选择模型的一个面单击按住并移动鼠标，便可拖动零部件。

2）右键：选择模型的一个面右击按住并移动鼠标，便可旋转零部件。

3）中键：按住鼠标中键并移动鼠标，便可旋转整个装配体。

移动和旋转零部件还可通过常用特征工具栏中【装配体】/【移动零部件】来编辑。

在装配零部件之前需要了解整个装配体中各零部件之间的连接关系，然后再进行装配。此外，在装配时，需要将零部件放置到合适的位置再进行装配，这样可便于后期添加配合。

步骤 5　添加【重合】配合

单击菜单栏中【插入】/【配合】，或者直接单击常用特征工具栏中【装配体】/【配合】，在左边属性框中选择【配合】选项组，分别选择“前体”和“后体”零件的一个面，此时软件会默认为【重合】配合，如图 4-5 所示。如果需要添加平行或其他的配合，则直接在属

性框中选择即可。完成操作后单击按钮✓。

注意　此时并没有退出【配合】命令。

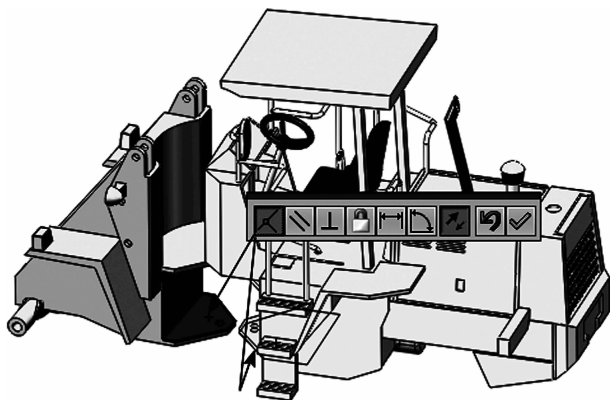


图 4-5　添加【重合】配合

步骤 6　添加【同轴心】配合

在没有退出【配合】命令的情况下，继续在属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-6 所示各选择“前体”和“后体”零件的一个圆柱孔面，此时软件会默认为【同轴心】配合，完成操作后单击按钮✓。

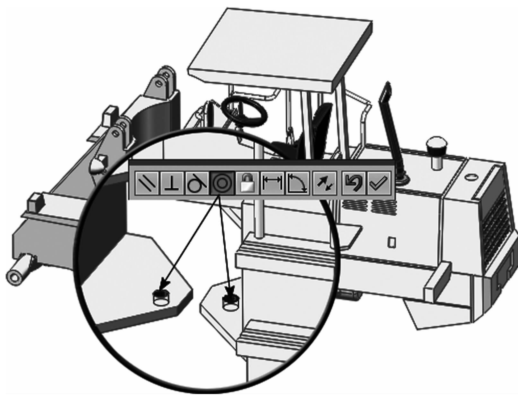


图 4-6　添加【同轴心】配合

步骤 7　添加【重合】配合

继续在属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-7 所示在设计树中各选择“前体”和“后体”零件的右视基准面，此时软件会默认为【重合】配合，完成操作后单击按钮✓。

再次单击按钮✓便可退出【配合】命令。

步骤 8　查看配合

单击设计树中“⊞ 配合”前面的“⊞”号，便可预览装配体中所有添加过的 3 个配合，如图 4-8 所示，也可通过右击配合对其进行编辑。



图 4-7　添加【重合】配合

如果需要查看某一个零部件上所有的配合，可通过右击设计树中该零部件并单击【查看配合】，即会在弹出的对话框中看到所有的配合，如图 4-9 所示。

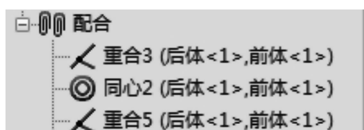


图 4-8　“配合”设计树



图 4-9　查看配合

步骤 9　插入“差动”零部件

单击常用特征工具栏中【装配体】/【插入零部件】，在左边【插入零部件】属性框中单击【浏览】，在弹出的对话框中选择“装载机”文件夹中的“差动”零部件，单击【打开】并插入到装配体中，此时在图形界面任意一处单击将“差动”零部件放置到装配体中，如图 4-10 所示。

步骤 10　添加【重合】配合

单击常用特征工具栏中【装配体】/【配合】，在左边属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-11 所示选择“后体”和“差动”零件的一个面，此时软件会默认为【重合】配合，如果默认不是【重合】配合，可手动选择【重合】，完成操作后单击按钮✓，无需退出【配合】命令。



图 4-10　插入“差动”零部件

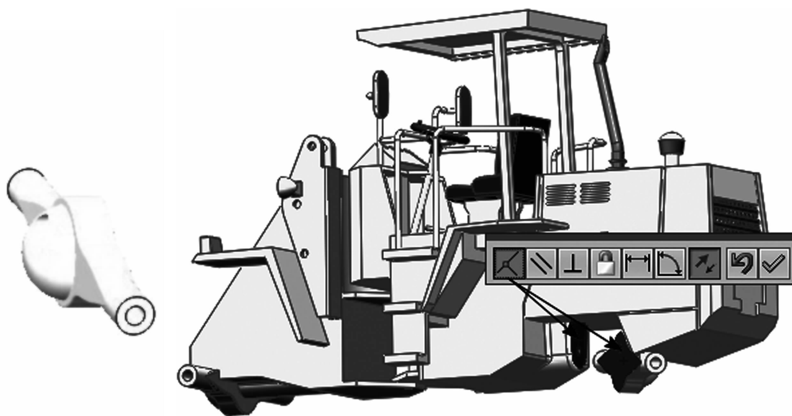


图 4-11　添加【重合】配合

步骤 11　添加【同轴心】配合

继续在属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-12 所示在设计树中选择“后体”和“差动”零件的一个圆柱孔面，此时软件会默认为【同轴心】配合，完成操作后单击按钮✓。

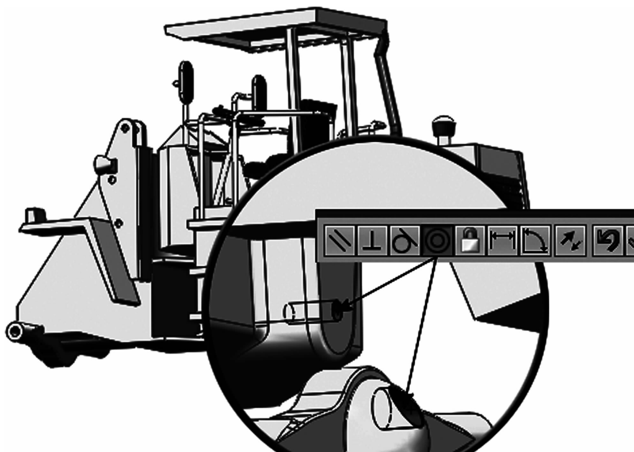


图 4-12　添加【同轴心】配合

步骤 12　添加【重合】配合

继续在属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-13 所示在设计树中各选择“后体”和“差动”零件的右视基准面，此时软件会默认为【重合】配合，完成操作后单击按钮✓。

再次单击按钮✓退出【配合】命令。

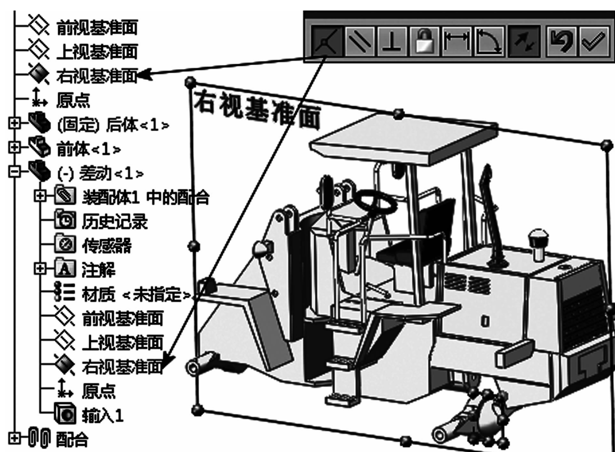


图 4-13　添加【重合】配合

步骤 13　插入“车轮组”装配体

单击常用特征工具栏中【装配体】/【插入零部件】，在左边【插入零部件】属性框中单击【浏览】，在弹出的对话框中选择“装载机”文件夹中的“车轮组”装配体，单击【打开】并插入到装配体中，此时在图形界面任意一处单击将“车轮组”装配体放入，如图 4-14 所示。

被插入到装配体中的装配体称之为子装配体。

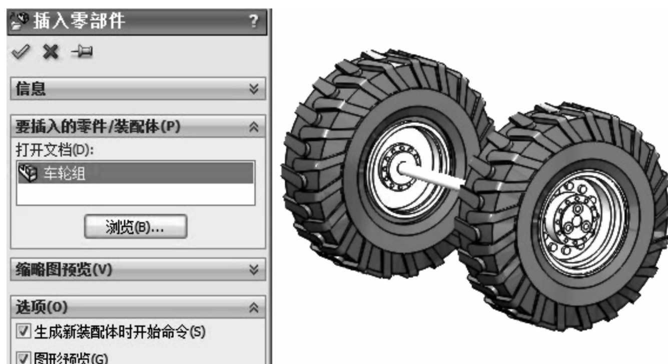


图 4-14 插入“车轮组”装配体

步骤 14 添加【同轴心】配合

单击常用特征工具栏中【装配体】/【配合】，在左边属性框中选送【配合】选项组，并按图 4-15 所示选择“车轮组”和“差动”零件的一个面，此时软件会默认为【同轴心】配合，如果默认不是【同轴心】配合，可手动选择【同轴心】，完成操作后单击按钮✓，无需退出【配合】命令。

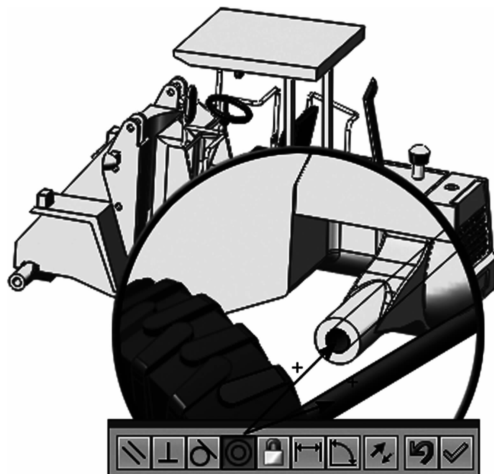


图 4-15 添加【同轴心】配合

步骤 15 添加【重合】配合

继续在属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-16 所示在设计树中选择子装配体“车轮组”和“差动”零件的右视基准面，此时会默认为【重合】配合，完成操作后单击按钮✓。

再次单击按钮✓退出【配合】命令。此时的子装配体“车轮组”还剩下一个旋转自由度，可通过单击拖动来进行旋转。

步骤 16 复制子装配体“车轮组”

在装配体设计树中找到子装配体“车轮组”，按住＜Ctrl＞键并拖动该子装配体到模型界面，复制一个子装配体，如图 4-17 所示。

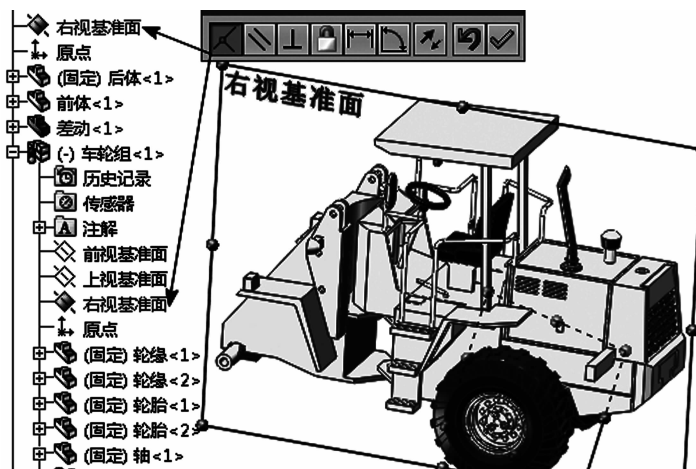


图 4-16　添加【重合】配合

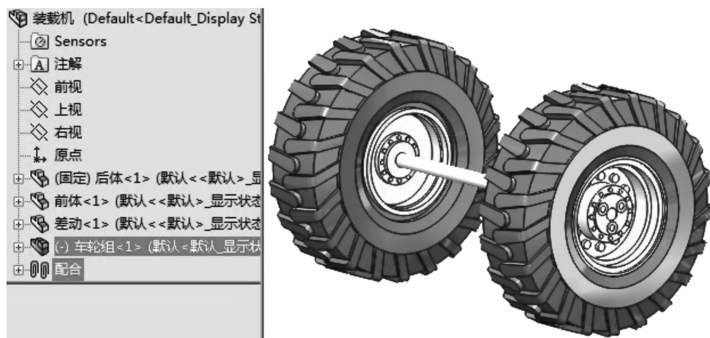


图 4-17　复制子装配体“车轮组”

步骤 17　装配子装配体“车轮组”

使用“步骤 14”和“步骤 15”的方法装配复制的子装配体“车轮组”，将其与零件“前体”分别添加【同轴心】和【重合】配合，使其只剩下一个旋转自由度，如图 4-18 所示。

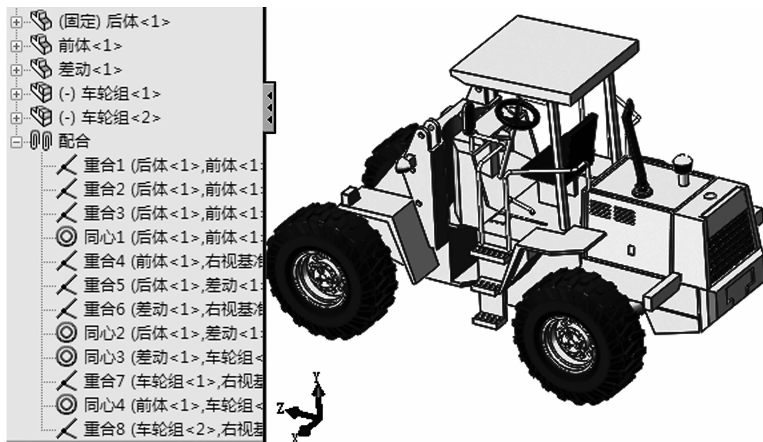


图 4-18　装配子装配体“车轮组”

步骤 18　插入子装配体“装载组”

单击常用特征工具栏中【装配体】/【插入零部件】，在左边【插入零部件】属性框中单

击【浏览】，在弹出的对话框中选择“装载机”文件夹中的“装载组”装配体，单击打开并插入到装配体中，在图形界面任意一处单击将“装载组”装配体放入，如图 4-19 所示。

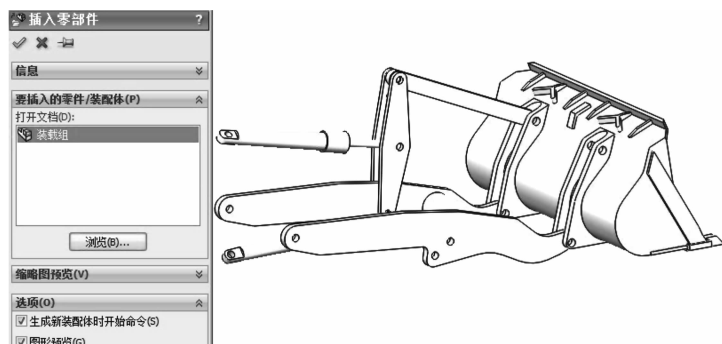


图 4-19　插入子装配体“装载组”

步骤 19　添加【宽度】配合

单击常用特征工具栏中【装配体】/【配合】，在属性框的【高级配合】中选择【宽度】配合，并按图 4-20 所示在【宽度选择】中选择零件“动臂”前后两对称平面，在【薄片选择】中选择零件“前体”前后两对称平面，完成操作后单击按钮✓。

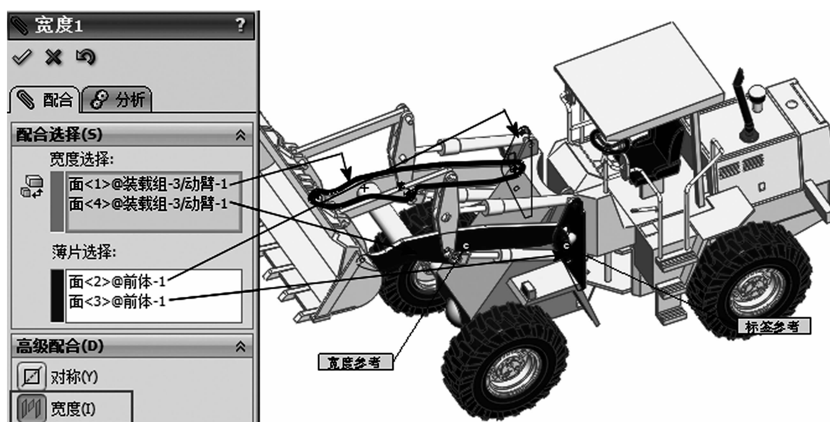


图 4-20　添加【宽度】配合

步骤 20　将【刚性】变为【柔性】

被插入到装配体中的子装配体“装载组”存在自由度，使用【移动零部件】移动该子装配体时会发现无法操作，这是由于当子装配体插入到装配体中时会默认视为一个刚性体。可在设计树中右击该子装配体，选择【零部件属性】（图 4-21），在弹出的【配置特定属性】对话框中选择【柔性】（图 4-22），将刚性体（其图标显示为）变为柔性体（其图标显示为）。

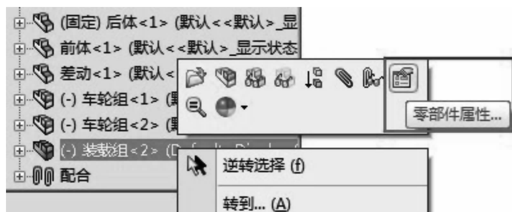


图 4-21　零部件属性

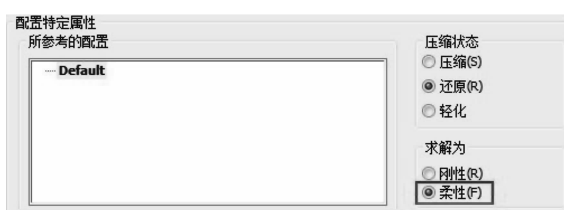


图 4-22　将【刚性】变为【柔性】

步骤 21　添加【同轴心】配合

按图 4-23 所示选择零件“动臂”的孔面和零件“前体”的孔面，此时会默认为【同轴心】配合，完成操作后单击按钮✔。

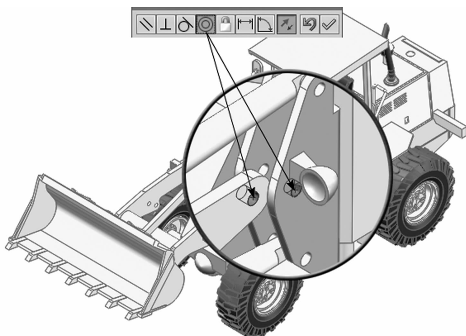


图 4-23　添加【同轴心】配合

步骤 22　添加【同轴心】配合

按图 4-24 所示选择零件“前体”的孔面和零件“摇臂气缸”的孔面，此时会默认为【同轴心】配合，完成操作后单击按钮✔。

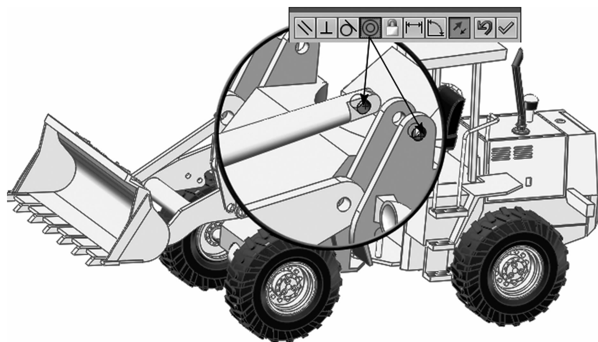


图 4-24　添加【同轴心】配合

步骤 23　添加【同轴心】配合

按图 4-25 所示选择零件“前体”的孔面和零件“动臂油缸”的孔面，此时会默认为【同轴心】配合，完成操作后单击按钮✔。

再次单击按钮✔，退出【配合】命令。

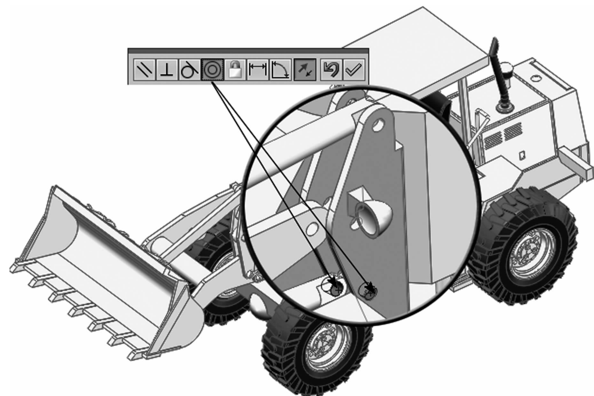


图 4-25　添加【同轴心】配合

步骤 24　打开子装配体

在设计树中右击子装配体“装载组”，选择【打开装配体】，如图 4-26 所示。

步骤 25　创建镜像零部件

单击常用特征工具栏中【装配体】/【线性零部件阵列】/【镜像零部件】，在左边设计树中选择“右视基准面”为镜像基准面，并按图 4-27 所示，在要镜像的零部件对话框中选择要镜像的零部件，此处选择除“动臂”、“铲头”之外的所有零部件，编辑完成后单击按钮，接着单击按钮完成操作。



图 4-26　打开子装配体

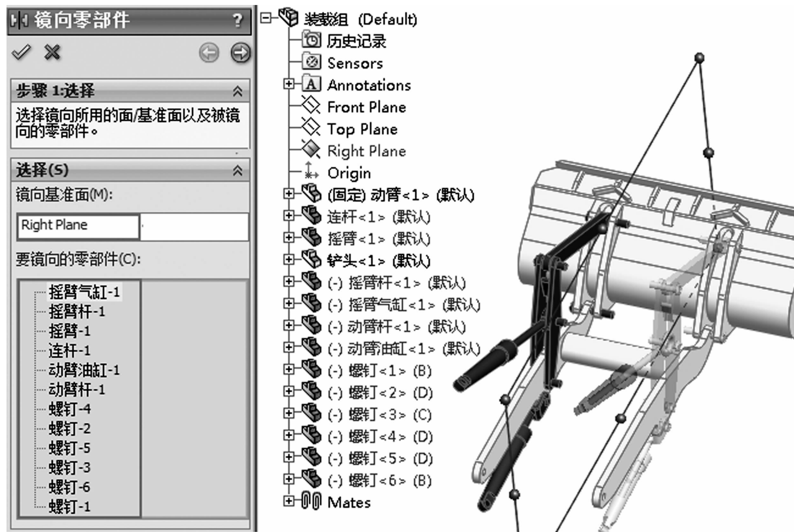


图 4-27　镜像零部件

装配体中被镜像过来的零部件，会保持原有零件的自由度和约束关系，如图 4-28 所示。完成操作后关闭并保存文件。

步骤 26　插入零部件

回到大装配体中，单击常用特征工具栏中【装配体】/【插入零部件】，在左边【插入零部件】属性框中单击【浏览】，在弹出的对话框中选择“装载机”文件夹中的“螺钉”文件，单击打开并插入到装配体中，在图形界面任意一处单击将其放入。

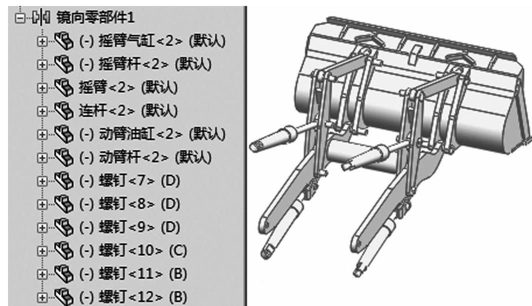


图 4-28　镜像完成

步骤 27　添加【重合】配合

单击常用特征工具栏中【装配体】/【配合】，在左边属性框中选择【配合】选项组，并按图 4-29 所示各选择“前体”和“螺钉”零件的一个面，此时软件会默认为【重合】配合，完成操作后单击按钮。

步骤 28　添加【同轴心】配合

按图 4-30 所示选择零件“前体”的孔面和零件“螺钉”的圆柱面，此时会默认为【同轴心】配合，完成操作后单击按钮。

再次单击按钮✔退出【配合】命令。

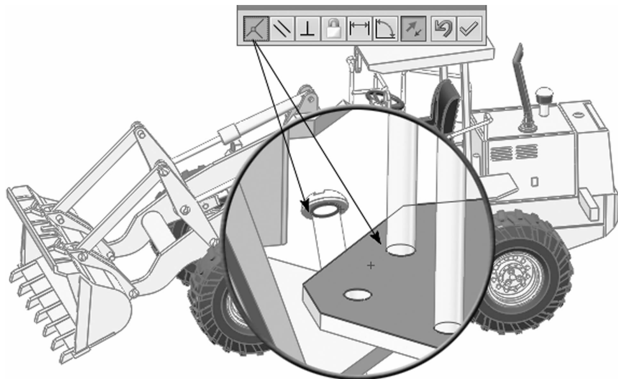


图 4-29 添加【重合】配合

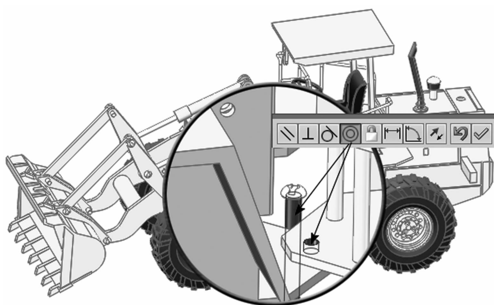


图 4-30 添加【同轴心】配合

步骤 29 复制零部件

在设计树中找到零件“螺钉”，按住<Ctrl>键同时拖动零件，将其拖入到图形界面中以复制一个新“螺钉”。或者使用【插入零部件】重新插入一次。

步骤 30 切换配置

在设计树中找到步骤 29 复制的零件“螺钉”后右击，单击按钮，并按图 4-31 所示，在【配置特定属性】对话框中将【所参考的配置】从“A”切换到“B”，完成操作后单击【确定】。不同配置代表不同长度的零部件。

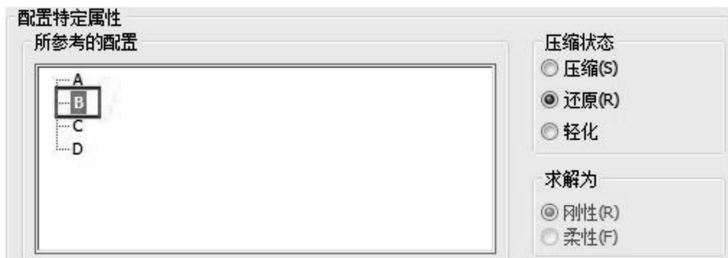


图 4-31 切换配置

步骤 31 添加【重合】配合

单击常用特征工具栏中【装配体】/【配合】，在左边属性框中选中【配合】选项组，并按图 4-32 所示选择零件“前体”和零件“螺钉”（配置 B）的一个面，并选择【重合】配合，完成操作后单击按钮✔。

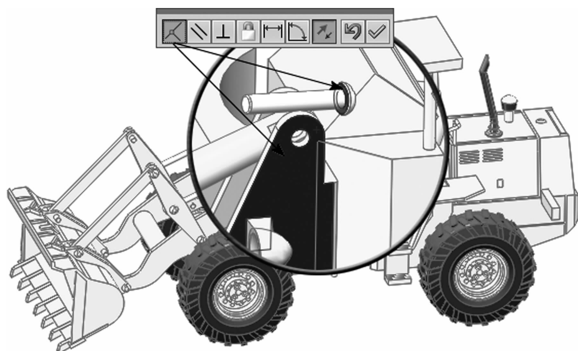


图 4-32　添加【重合】配合

步骤 32　添加【同轴心】配合

按图 4-33 所示选择零件“前体”的孔面和零件“螺钉”（配置 B）的圆柱面，并选择【同轴心】配合，完成操作后单击按钮✓。

再次单击按钮✓退出【配合】命令。

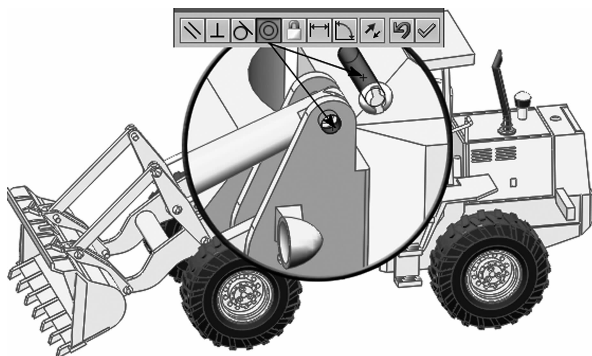


图 4-33　添加【同轴心】配合

步骤 33　装配剩下的螺钉

重复“步骤 29” ~ “步骤 32”，添加剩下的 2 个螺钉，如图 4-34 所示。

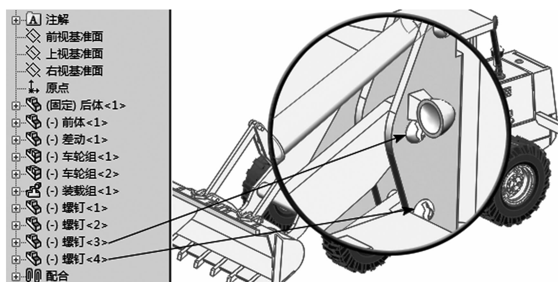


图 4-34　装配剩下的螺钉

步骤 34　镜像装配体

参照“步骤 25”创建图 4-35 所示装配体，镜像“步骤 29”、“步骤 33”所创建的 3 个螺钉。

完成操作后单击按钮✓。

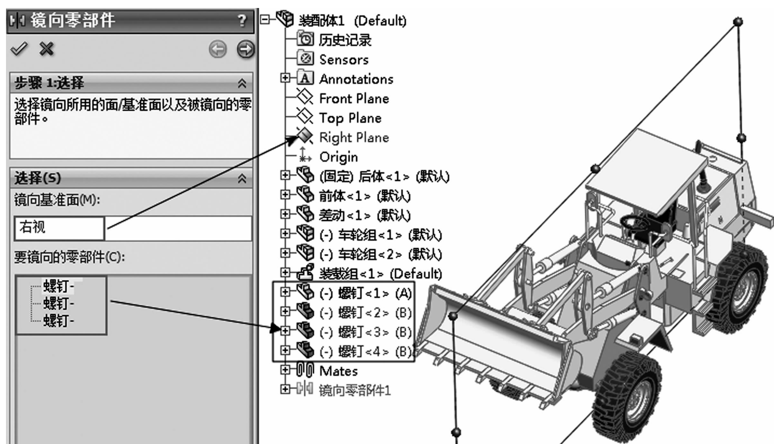


图 4-35　镜像装配体

步骤 35　保存并关闭装配体文件

4.4　自顶向下的装配体建模

自顶向下的装配体建模利用自顶向下的方法设计装配体，设计人员可以从一个空的装配体开始，也可以从一个已经完成并插入到装配体中的零件开始设计其他零件。

4.4.1　操作流程

1. 在装配体中添加新零件

如果用户需要在装配体中创建一个新零件，首先需要对零件命名并选择一个平面，这个平面将被用作新零件的前视基准面。

2. 装配体中的零件建模

在装配体中创建新零件后，系统进入到编辑零件模式，所选的平面也就成为当前被激活的草图平面。创建零件可以用常规的建模方法，也可以参考装配体中的其他几何体。

3. 建立关联特征

如果建立的特征需要参考其他零件中的几何体，这个特征就是所谓的关联特征。例如，在创建零件中的装配孔时，可以参考另一个零件上轴的装配外圆边线，并在轴和孔之间建立关联关系。当轴的直径变化时，孔的直径也会相应地变化。

4. 断开外部参考

在装配体中建立虚拟零部件和特征时，会建立很多外部参考。本章将介绍如何断开外部参考，并保持零件完整的方法。

4.4.2　装配过程

步骤 1　打开装配体

打开装配体“Cutsaw”，如图 4-36 所示。

步骤 2　打开工程图

打开工程图“Mechanisms Layout”，选择工程图纸中所有内容（快捷键〈Ctrl + A〉），然后复制（快捷键〈Ctrl + C〉），如图 4-37 所示。

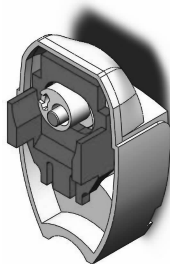


图 4-36　装配体“Cutsaw”

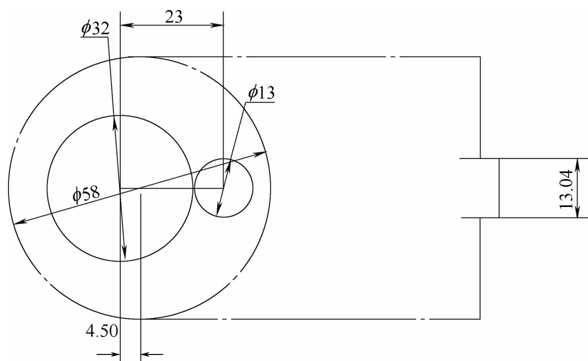


图 4-37　工程图“Mechanisms Layout”

步骤 3　隐藏零部件

按住〈Ctrl〉键同时在设计树中选择零件“SW0903A GEAR DRIVE-1”和零件“GEAR DRIVE SHAFT”，然后右击，选择【逆转选择】，如图 4-38 所示。然后右击被选择的零件，选择【隐藏零部件】，将这些零件全部隐藏，如图 4-39 所示。



图 4-38　逆转选择



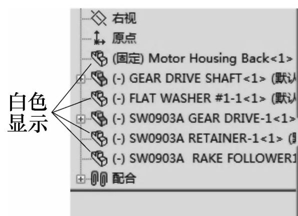
图 4-39　隐藏零部件

步骤 4　查看隐藏效果

隐藏零部件后将显示图 4-40 所示结果。被隐藏的零件在设计树中的符号也将呈白色显示。

步骤 5　插入新零件

单击特征工具栏中的【插入零部件】命令，并在其下拉菜单中选择【新零件】。此时将鼠标放在空白区域，将会显示为，在左下角将会提示“请选择放置新零件的面或基准面”，将鼠标放置到一个面上时将会显示为。选择图 4-41 所示面为“新零件”的草图平面，该面将成为“新零件”的【前视基准面】，此时将会出现在草图绘制的状态下。



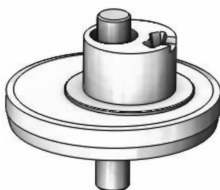


图 4-40　查看隐藏效果

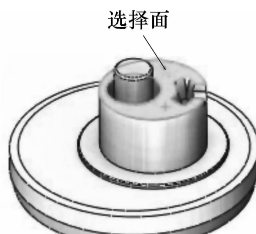


图 4-41　选择面

步骤 6　粘贴工程图

将工程图“Mechanisms Layout”中复制的图形使用快捷键〈Ctrl + V〉粘贴到新零件的绘图区域，如图 4-42 所示。

步骤 7　更改透明度

粘贴完成后整个绘图界面会看上去很乱、不清楚，如图 4-42 所示。单击特征工具栏中的【装配体透明度】，并选择【迫使透明】，如图 4-43 所示。

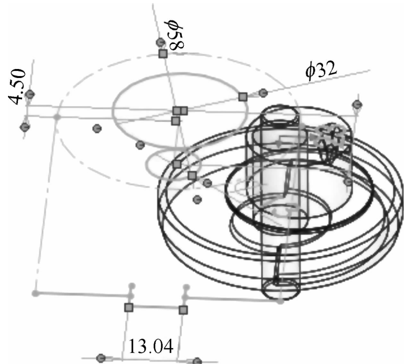


图 4-42　粘贴工程图

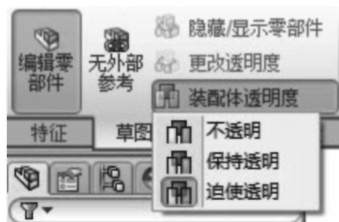


图 4-43　更改透明度

步骤 8　添加【同心】几何关系

按〈Ctrl〉键选择图 4-44 所示两圆边线，并添加【同心】几何关系。

步骤 9　添加【平行】几何关系

选择图 4-45 所示两条边线，并添加【平行】几何关系。



建议拖动构造线呈平行状态时再添加关系，添加关系时注意轮廓方向。

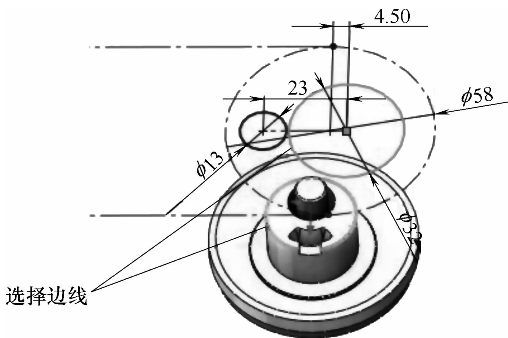


图 4-44　添加【同心】几何关系

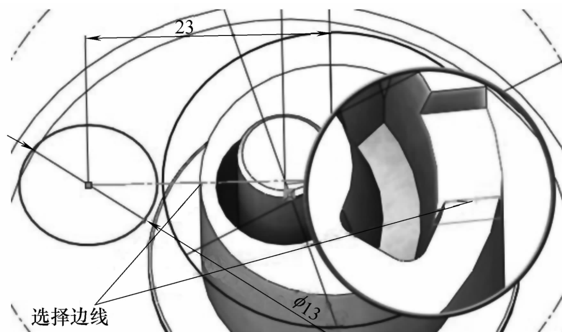


图 4-45　添加【平行】几何关系

步骤 10　绘制直线

绘制图 4-46 所示两根直线，并剪裁多余的轮廓。

步骤 11　转换实体引用

选择图 4-47 所示圆柱面，并使用特征工具栏中的【转换实体引用】下拉菜单中的【交叉曲线】，也可在菜单栏中单击【工具】/【草图工具】/【交叉曲线】，将其外形轮廓转换到草图平面。完成绘制后单击保存并退出草图。

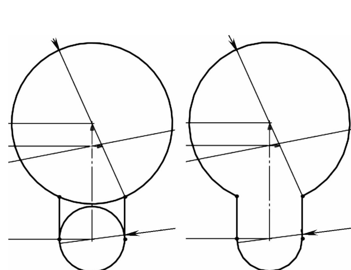


图 4-46　绘制直线

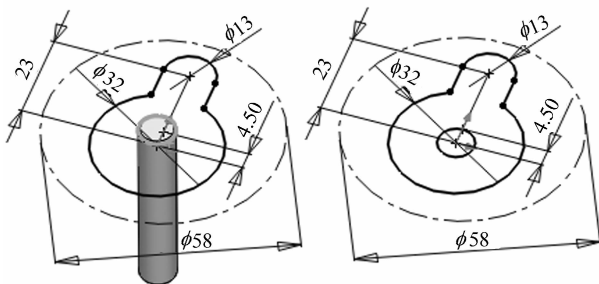


图 4-47　转换实体引用

步骤 12　拉伸实体

在特征工具栏中单击【拉伸凸台/基体】，拉伸上一步骤绘制的草图轮廓，也可预先选中草图再单击【拉伸凸台/基体】。在【凸台-拉伸】属性框中进行设置：【方向 1】给定深度为 2mm，【方向 2】给定深度为 3mm，所选轮廓如图 4-48 所示。完成编辑后单击按钮✓退出。

步骤 13　退出零件编辑状态

完成拉伸操作后，此时并没有回到装配体中。单击图 4-49 所示中的按钮，退出零件编辑状态，回到装配体中。

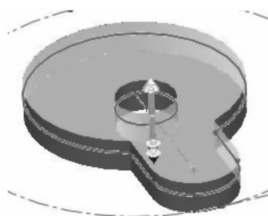


图 4-48　拉伸实体

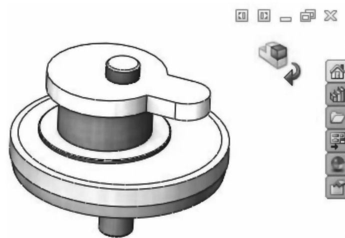


图 4-49　退出零件编辑状态

步骤 14　重命名新零件

在设计树中单击选中新建的新零件名称，通过使用快捷键〈F2〉将其更名为“Design”。

步骤 15　静态干涉检查

单击特征工具栏中的【干涉检查】，在其属性框中右击【所选零部件】中的零部件“Cut saw. SLDASM”，选择【删除】，删除该零部件。如图 4-50 所示。然后选择图 4-51 所示的 3 个零部件，单击【计算】，将会在【结果】中显示计算结果，如图 4-52 所示。



图 4-50　删除“Cut saw. SLDASM”

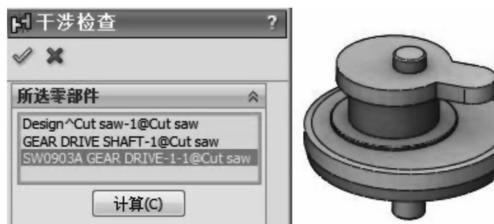


图 4-51　选择干涉检查的零部件

步骤 16　分析干涉结果

通过干涉检查，发现这 3 个零部件间存在一个干涉，图 4-52 中箭头所指的区域为干涉区域，干涉零件为“SW0903A GEAR DRIVE-1”和新建的零件“Design”。

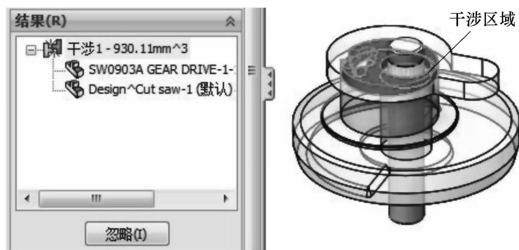


图 4-52　显示干涉结果

通过分析可知，在创建零件“Design”拉伸时，拉伸方向 2 的 3mm 处和零件“SW0903A GEAR DRIVE-1”发生了干涉。

步骤 17　编辑零件“Design”

右击设计树中的零件“Design”，选择【编辑】，如图 4-53 所示，此时会进入零件的编辑状态。

步骤 18　选择草图平面

单击特征工具栏中的【草图绘制】，然后右击图 4-54 中所示区域，选择【选择其他】，并选择图 4-55 所示面为草图平面。



图 4-53　编辑零部件

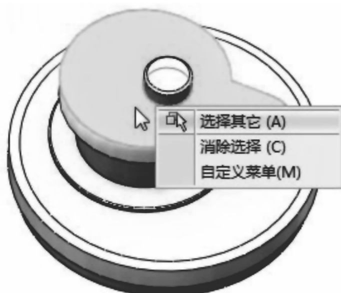


图 4-54　通过【选择其他】选择看不到的面

步骤 19　绘制草图

单击特征工具栏中【转换实体引用】，选择图 4-56 所示模型表面，将其轮廓转换实体到该草图平面，如图 4-57 所示。完成绘制后单击保存并退出草图。



图 4-55　选择面

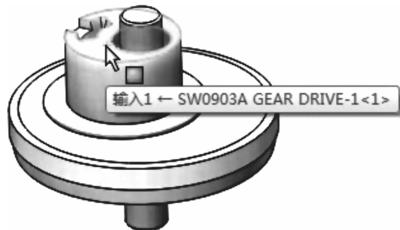


图 4-56　选择模型表面

步骤 20　创建“拉伸-切除”特征

单击特征工具栏中的【拉伸切除】，并拉伸上一步绘制的草图轮廓。在【切除-拉伸】属性框中设置【给定深度】为 3.00mm，注意拉伸方向，如图 4-58 所示。完成编辑后单击按钮✓退出。

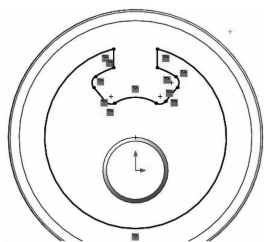


图 4-57　使草图轮廓封闭

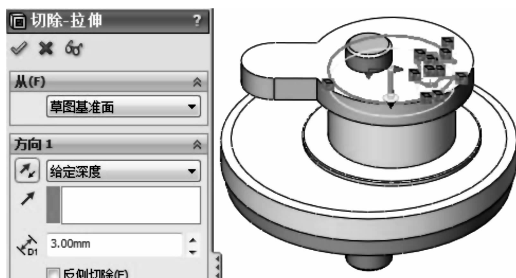


图 4-58　创建“拉伸-切除”特征

步骤 21　退出零件编辑

单击按钮，退出零件编辑状态，回到装配体中。

步骤 22　再次进行静态干涉检查

重复“步骤 15”，再次检查图 4-52 中的 3 个零件是否还存在干涉。

结果表明已经无干涉存在。

步骤 23　显示隐藏的零部件

在特征工具栏中单击【显示隐藏的零部件】，会出现【显示隐藏】对话框，且所有被隐藏的零件将显示出来，如图 4-59 所示。此时只需单击零件的任何一处，该零件将被“取消隐藏”。

使用框选，一次性框选所有的零部件，此时所有被隐藏的零部件均被“取消隐藏”，并单击【退出显示-隐藏】。

步骤 24　查看零件“Design”的运动情况

单击并拖动零件“Design”，查看其在装配体中的运动情况。

步骤 25　动态干涉检查

单击特征工具栏中的【移动零部件】，在其属性框中选择【选项】中的【碰撞检查】，在检查范围中选择【所有零部件之间】，并勾选【碰撞时停止】和【仅被拖动的零件】复选框，其他设置为默认，如图 4-60 所示。

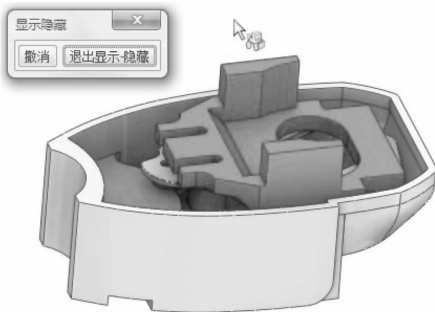


图 4-59　显示隐藏的零部件



图 4-60　设置碰撞检查参数

设置完成后选择图 4-61 所示模型表面，单击并拖动“零件 1”绕圆周运动，当零件“Design”运动至图 4-62 中所示位置会停止运动。这是因为零件“Design”和“SW0903A RAKE FOLOOWER12-1”在此位置时会产生碰撞。单击按钮退出。

步骤 26　编辑零件“Design”

在设计树中右击新建零件“Design”并选择【编辑】，在设计树中找到【草图 1】并右击选择【编辑草图】，将草图中的尺寸 23mm 改为 20mm，如图 4-62 所示。编辑完成后保存并退出草图，退出零件编辑状态回到装配体。

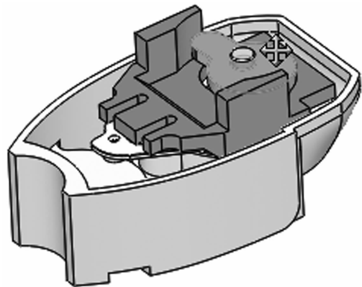


图 4-61　碰撞检查

步骤 27　动态干涉检查

重复“步骤 25”，再次使用动态干涉检查，检查是否还存在干涉。

此时已经无干涉，如有干涉可反复检查以上步骤或自行编辑来修改。

步骤 28　保存并关闭装配体

在保存装配体时将会弹出【另存为】对话框，如图 4-63 所示，选择【内部保存（在装配体内)】，并单击【确定】。保存在装配体内部的零部件称为虚拟零部件。

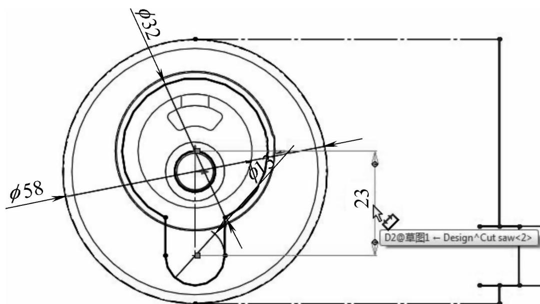


图 4-62　编辑零件“Design”

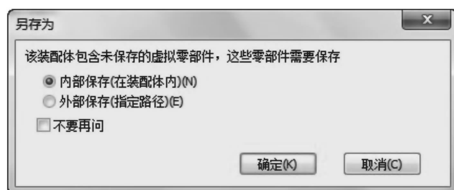


图 4-63　选择保存方式

4.5　装配体爆炸视图

4.5.1　爆炸视图

在创建爆炸视图前，最好创建配置以保存爆炸视图，并添加好配合关系以保持装配体在“起始位置”处。

通过【爆炸视图】，可以沿着移动操作杆的手柄或三重轴移动一个或多个零部件。每一次的移动方向和距离都被视为一个步骤来保存。

步骤 1　打开装配体

打开“实例”\“完成”\“Watch”文件夹下的“Watch”文件，如图 4-64 所示，利用该装配体创建一个爆炸视图。

步骤 2　打开爆炸视图

单击装配体工具栏中的【爆炸视图】，会弹出图 4-65 所示【爆炸】属性框。

步骤 3　爆炸零件“glass”

从设计树或图形界面选择零件“glass”，向上拖动“Y 方向”，用标尺确定移动距离，设定距离为 30mm。

或在【设定】选项卡中，【爆炸步骤的零部件】选择零件“glass”，【爆炸方向】选择手柄“Y 方向”（用调整方向），【爆炸距离】设定为 30. 00mm，单击【应用】，再单击【完成】。

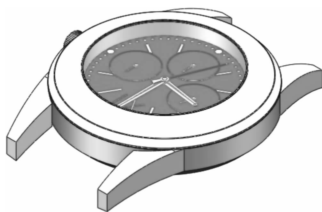


图 4-64 打开“Watch”文件



图 4-65 【爆炸】属性框

操作完成后，特征【爆炸步骤 1】将被加入到【爆炸步骤】选项卡中，如图 4-66 所示。

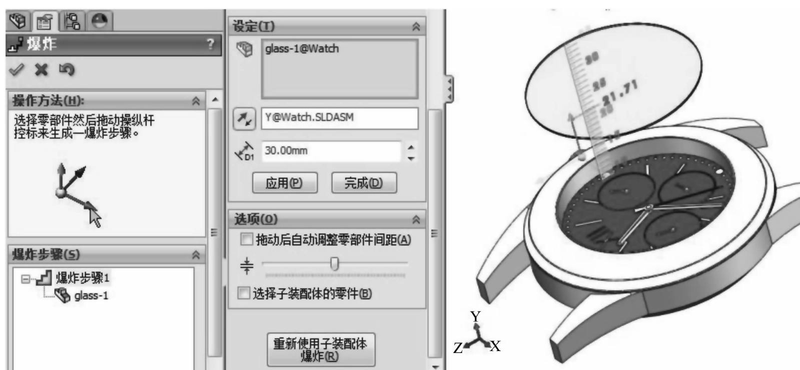


图 4-66 爆炸零件“glass”

步骤 4 爆炸零件“ring”

继续回到【设定】选项组中，【爆炸步骤的零部件】选择零件“ring”，【爆炸方向】选择“Y 方向”，用调整方向，【爆炸距离】设定为 20.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-67 所示。



图 4-67 爆炸零件“ring”

步骤 5 爆炸子装配体“dial”

继续回到【设定】选项组中，【爆炸步骤的零部件】选择子装配体“dial”，【爆炸方

向】选择“Y 方向”，用调整方向，【爆炸距离】设定为 5.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-68 所示。

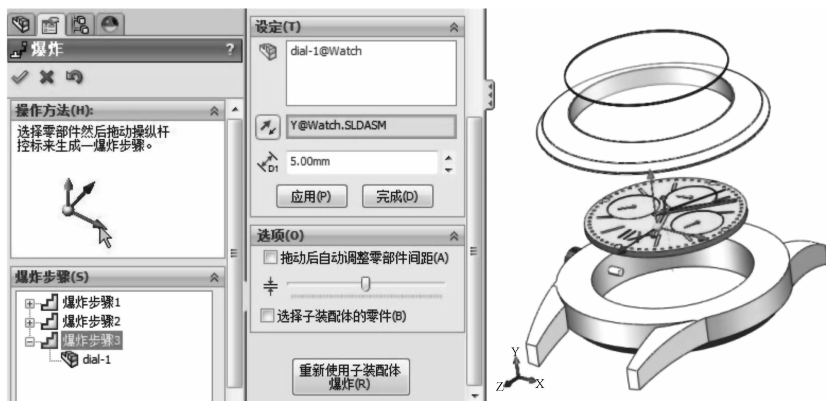


图 4-68　爆炸子装配体“dial”

步骤 6　重新使用子装配体爆炸

完成【爆炸步骤 3】后，再次在【爆炸步骤的零部件】中选择子装配体“dial”，并在【选项】选项组中单击【重新使用子装配体爆炸】，弹出图 4-69 所示对话框。由该对话框中内容可知，如果子装配体中没有做爆炸视图，将无法在大装配体中引用子装配体爆炸步骤。

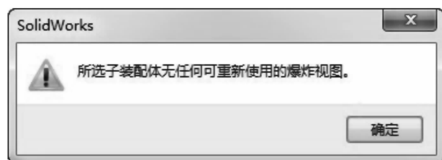


图 4-69　提示对话框

步骤 7　爆炸子装配体中的零件“second hand”

在【选项】选项组中勾选【选择子装配体的零件】，然后在【设定】选项组中，【爆炸步骤的零部件】选择子装配体中的零件“second hand”，【爆炸方向】选择“Y 方向”，【爆炸距离】设定为 15.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-70 所示。



图 4-70　爆炸零件“second hand”

步骤 8　爆炸子装配体中的零件“minute hand”

在【爆炸步骤的零部件】中选择子装配体中的零件“minute hand”，【爆炸方向】选择“Y 方向”，【爆炸距离】设定为 10.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-71 所示。

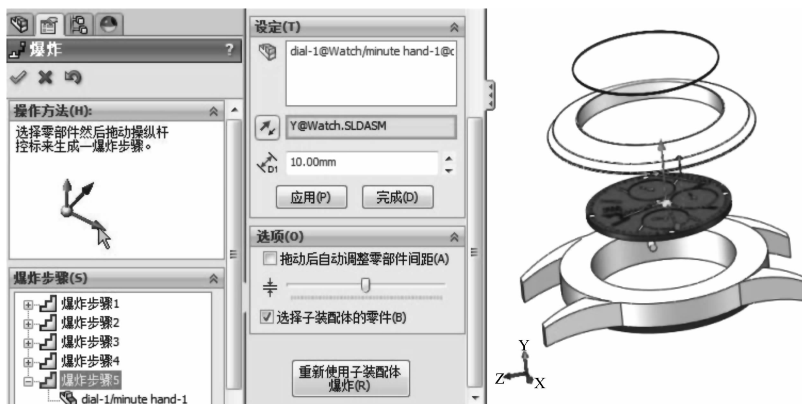


图 4-71 爆炸零件“minute hand”

步骤 9 移动坐标轴

完成【爆炸步骤 5】后，再次在【爆炸步骤的零部件】中选择子装配体中的零件“minute hand”，并在图形界面右击蓝色轴 Z，选择【移动到选择】，如图 4-72 所示。选择【移动到选择】命令后，继续单击图 4-73 中所示零件“minute hand”边线，即可将蓝色轴方向摆放到所选的模型边线上。

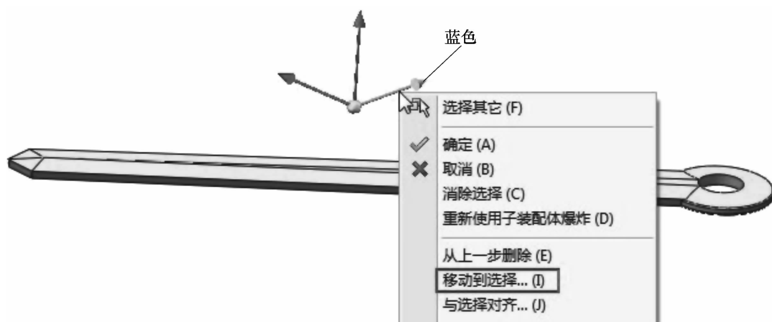


图 4-72 右击蓝色轴

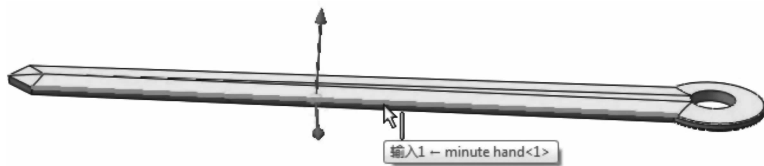


图 4-73 选择边线放置坐标轴

步骤 10 再次爆炸子装配体中的零件“minute hand”

坐标轴定位以后，在【爆炸方向】选项组中选择“Z 方向”，用调整反方向，【爆炸距离】设定为 10.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-74 所示。

步骤 11 爆炸子装配体中的零件“hour hand”

选择子装配体中的零件“hour hand”为【爆炸步骤的零部件】，【爆炸方向】选择“Y 方向”，用调整方向，【爆炸距离】设定为 5.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-75 所示。

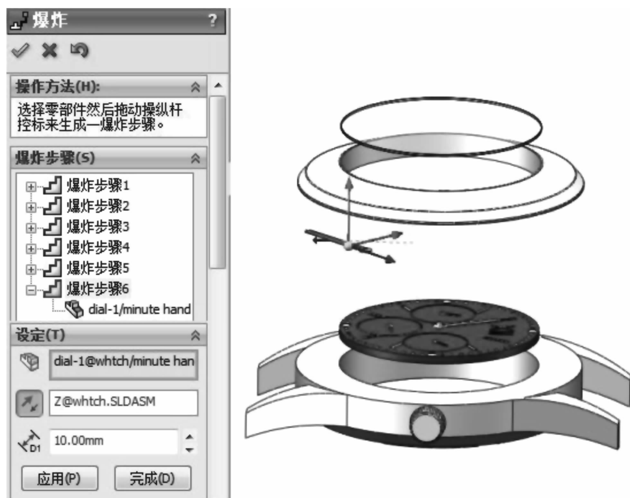


图 4-74　再次爆炸零件“minute hand”

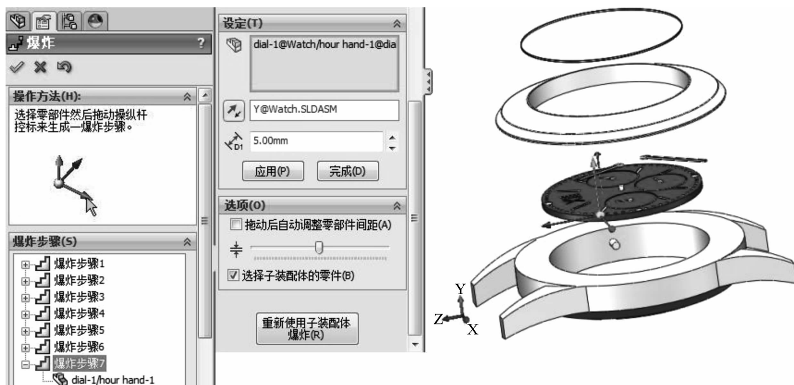


图 4-75　爆炸零件“hour hand”

步骤 12　移动坐标轴

再次选择子装配体中的零件“hour hand”为【爆炸步骤的零部件】，右击 Z 轴，选择【移动到选择】命令，打开后继续选择零件“hour hand”模型的边线，将 Z 轴摆放到该模型边线上，如图 4-76 所示。



图 4-76　选择边线放置坐标轴

步骤 13　再次爆炸子装配体中的零件“hour hand”

坐标轴定位后，在【爆炸方向】选项组中选择“Z 方向”，用调整方向，【爆炸距离】设定为 10.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-77 所示。

步骤 14　编辑爆炸步骤

在【爆炸步骤】选项组中右击【爆炸步骤 2】，选择【编辑步骤】，如图 4-78 所示。

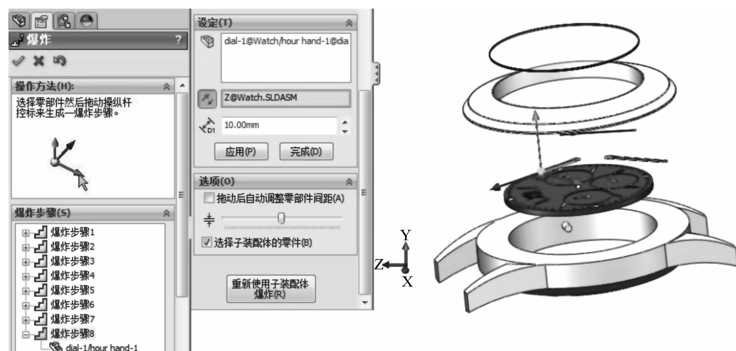


图 4-77　再次爆炸零件“hour hand”

打开【编辑步骤】命令后，在【设定】选项组中编辑【爆炸距离】为25.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图4-79所示。

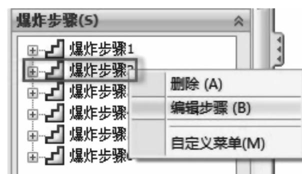


图 4-78　右击选择【编辑步骤】

步骤 15　爆炸零件“twist”

选择子装配体中的零件“twist”为【爆炸步骤的零部件】，【爆炸方向】选择“X方向”，用调整方向，【爆炸距离】设定为10.00mm，单击【完成】，如图4-80所示。

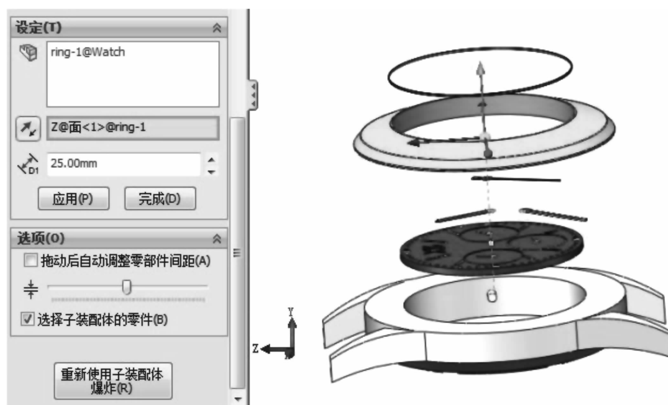


图 4-79　调整爆炸参数

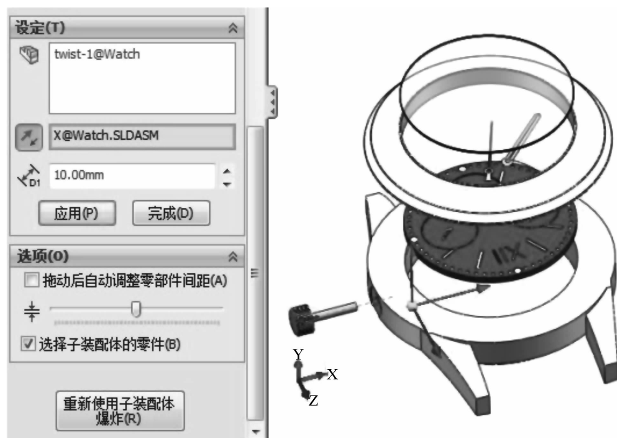


图 4-80　爆炸零件“twist”

步骤 16　爆炸零件“Backplate”

选择子装配体中的零件“Backplate”为【爆炸步骤的零部件】，【爆炸方向】选择“Y方向”，用调整方向，【爆炸距离】设定为 10.00mm，单击【应用】，再单击【完成】，如图 4-81 所示。

步骤 17　退出爆炸视图

在爆炸属性框中单击按钮退出爆炸视图操作。在属性框中将会显示所创建的爆炸配置，如图 4-82 所示。



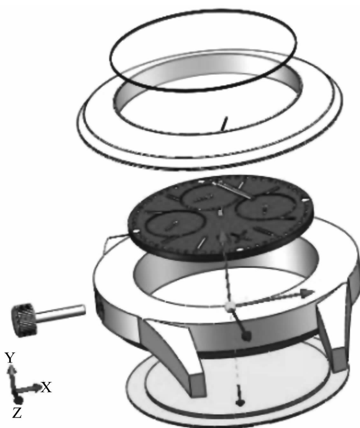


图 4-81　爆炸零件“Backplate”



图 4-82　爆炸步骤预览

步骤 18　动画解除爆炸

右击属性框中的【爆炸视图 1】，选择【动画解除爆炸】，如图 4-83 所示。将会弹出图 4-84 所示的【动画控制器】，通过该控制器可以控制动画的播放速度和保存动画等操作。



图 4-83　动画解除爆炸



图 4-84　动画控制器

步骤 19　保存并关闭装配体

保存并关闭装配体，将其命名为“Watch”。

4.5.2　爆炸直线草图

【爆炸直线草图】是使用 3D 草图生成并显示直线。

步骤 1　激活爆炸视图

打开装配体“Watch”，在“Watch 配置”中右击【爆炸视图 1】，选择【爆炸】，如图 4-85 所示。

步骤 2　打开爆炸直线草图命令

在装配体工具栏中单击【爆炸直线草图】，将会弹出【步路线】属性框，如图 4-86 所示。



图 4-85　激活爆炸视图



图 4-86　【步路线】属性框

在【要连接的项目】中可以选择顶点、边线和面来生成爆炸直线。



以正确的顺序选择几何体来定义爆炸直线；要选择合适的几何体，顶点和边线一般适合于开始和结束爆炸直线，平面一般用于“通过”。

步骤 3　选择第一个要连接的项目

在【要连接的项目】中选择图 4-87 所示零件“glass”的一个外圆柱面。

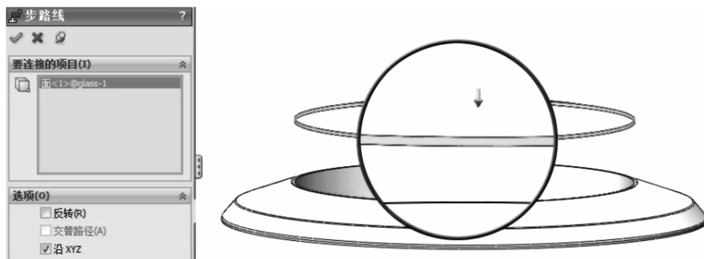


图 4-87　选择要连接的项目“glass”

步骤 4　选择第二个要连接的项目

按照爆炸步骤在【要连接的项目】中选择图 4-88 所示零件“ring”的一个内圆柱面。

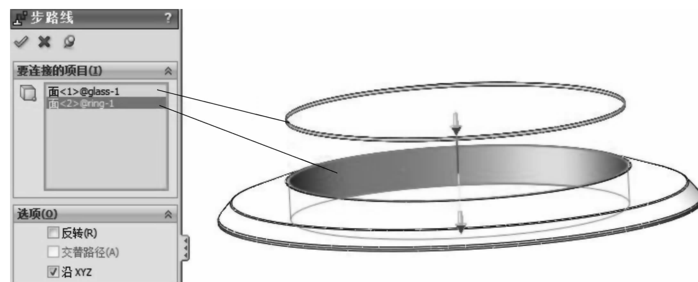


图 4-88　选择要连接的项目“ring”

步骤 5　调整爆炸直线

当爆炸直线方向不是理想方向时，可通过单击图 4-88 中所示箭头来反转直线的方向，或在【选项】中勾选【反转】。

直线本身可以在几何体的基准面上拖动，将鼠标放在直线上，可以看到可拖动的箭头，如图 4-89 所示。

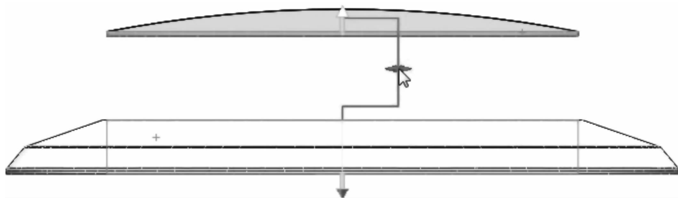


图 4-89　调整爆炸直线

步骤 6　选择第三个要连接的项目

按照爆炸步骤继续在【要连接的项目】中选择图 4-90 所示子装配体中的零件“Second hand”的一个圆柱面。

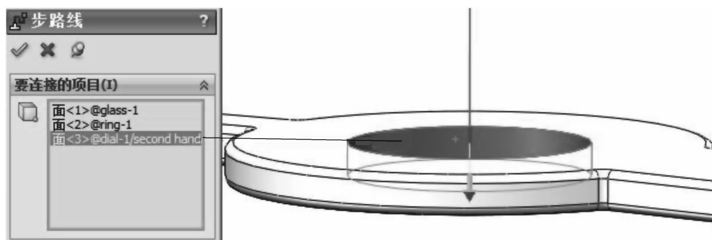


图 4-90　选择要连接的项目“Second hand”

步骤 7　选择第四个要连接的项目

按照爆炸步骤继续在【要连接的项目】中选择图 4-91 所示子装配体中的零件“minute hand”的一个圆柱面。

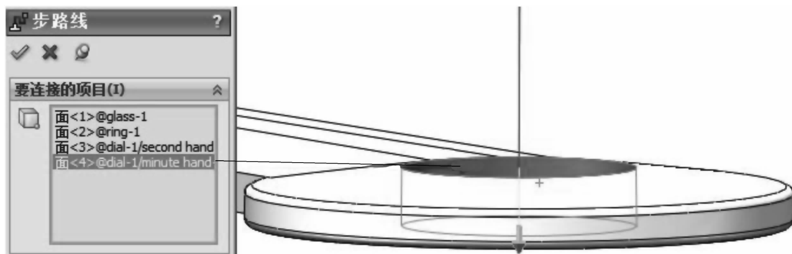


图 4-91　选择要连接的项目“minute hand”

步骤 8　选择第五个要连接的项目

按照爆炸步骤继续在【要连接的项目】中选择图 4-92 所示子装配体中的零件“hour hand”的一个圆柱面。

步骤 9　选择第六个要连接的项目

按照爆炸步骤继续在【要连接的项目】中选择图 4-93 所示子装配体中的零件“watch face”的一个圆柱面。

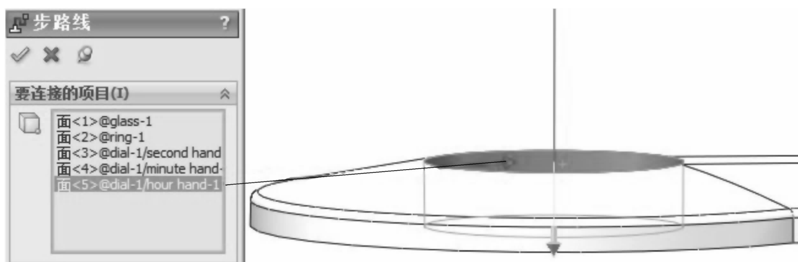


图 4-92 选择要连接的项目“hour hand”

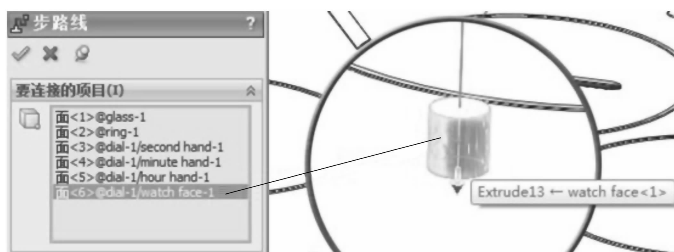


图 4-93 选择要连接的项目“watch face”

步骤 10 选择第七个要连接的项目

按照爆炸步骤继续在【要连接的项目】中选择图 4-94 所示零件“face”的一个圆柱面。

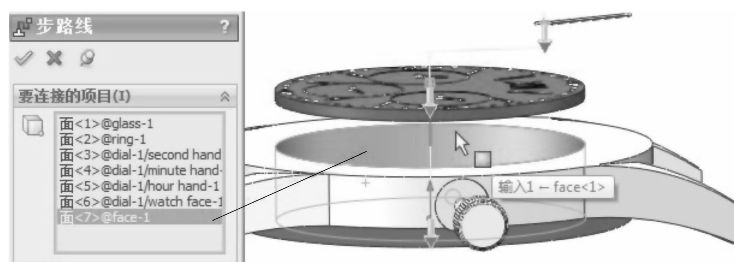


图 4-94 选择要连接的项目“face”

步骤 11 选择第八个要连接的项目

按照爆炸步骤继续在【要连接的项目】中选择图 4-95 所示零件“Backplate”的一个平面。

步骤 12 完成第一条步路线

单击按钮✓完成第一条步路线，如图 4-96 所示。

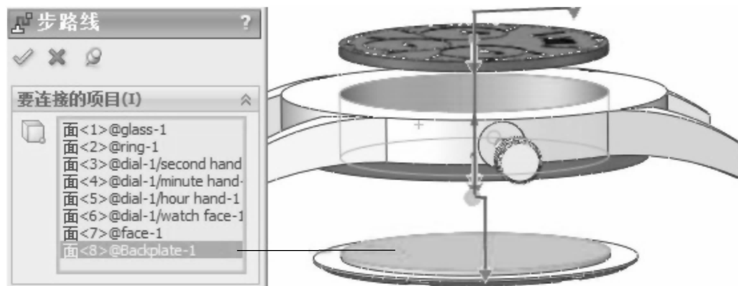


图 4-95 选择要连接的项目“Backplate”

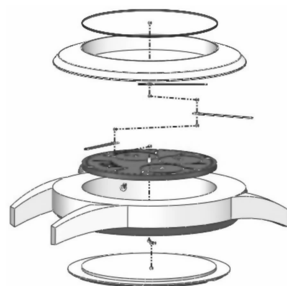


图 4-96 完成第一条步路线

步骤 13　绘制第二条步路线

选择图 4-97 所示零件“twist”的一条边作为第一个【要连接的项目】，接着选择图 4-98 所示零件“face”的一条边作为第二个【要连接的项目】，选择完成后单击按钮✓。

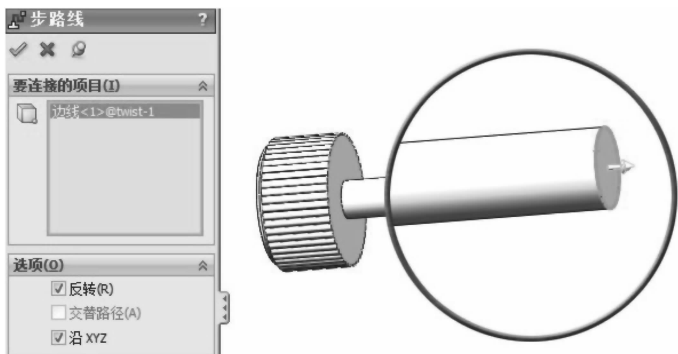


图 4-97　选择要连接的项目“twist”

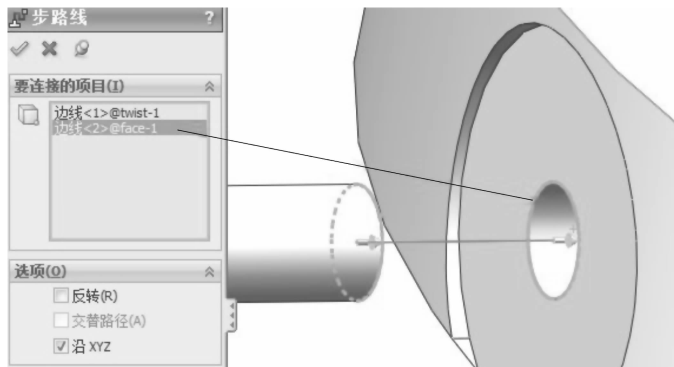


图 4-98　选择要连接的项目“face”

步骤 14　退出“3D 爆炸 1”草图

单击按钮✓退出【步路线】，再单击右上角的【确认角】保存并退出草图。

“3D 爆炸 1”草图实为 3D 草图，当存在其他一些情况，如爆炸直线和已有的顶点、边线或面不完全匹配时，可使用自由手动绘制 3D 草图直线。有关 3D 草图技术请参考第九章的内容。

4.6　课后小结

本章介绍了自底向上装配体建模和自顶向下装配体建模的装配方法，并介绍了如何创建爆炸视图、爆炸草图直线。通过本章的学习，学生可以掌握基本装配体的建模能力。

4.7　课后练习

练习 1

创建“机械手”装配体，如图 4-99、图 4-100 所示。



图 4-99　机械手

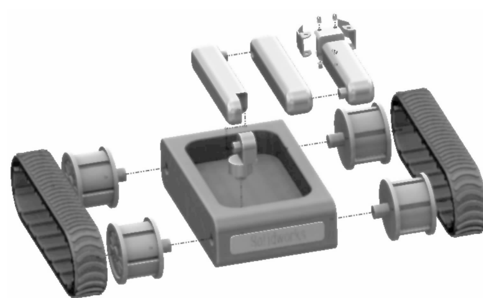


图 4-100　机械手爆炸图

练习 2

利用现有装配体“Electricmotor”中的几何体建立图 4-101、图 4-102 所示的零件，并命名为“Stand”，其拉伸厚度为 8mm。

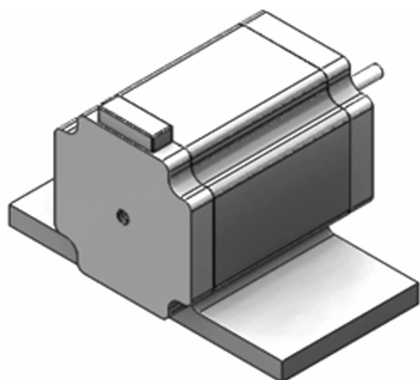


图 4-101　装配体“Electricmotor”

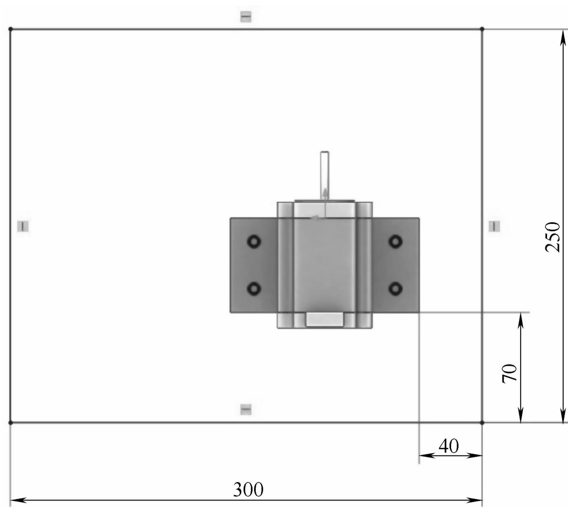


图 4-102　虚拟零部件尺寸

第 5 章　标 准 件 库

【学习目标】

- 了解标准件库的概念
- 了解 Toolbox 在 SolidWorks 中的应用
- 使用智能扣件自动添加标准件
- 学会手动查找标准件并添加到装配体中
- 使用 3DContentCentral 在互联网上查找资源

5.1　概述

SolidWorks 机械设计自动化软件是一个基于特征、参数化、实体建模的设计工具。该软件采用了 Windows 图形用户界面，易学易用。也是世界上第一套基于 Windows 系统开发的 3D 设计系统。随着信息技术的应用，CAD 技术目前已经从传统的二维绘图逐步向三维设计过渡，三维设计技术已成为发展的必然，同时用户对软件也提出了越来越个性化的需求，从而造就了设计库的诞生。

5.2　设计库

设计库是指在设计中可重复使用单元的信息总和，方便用户在设计过程中对重复的单元进行反复使用，提高设计效率。设计库的特点就是通过标准化、系列化建立可重复使用单元，并对零部件进行分类，建立零部件的检索机制。

设计库包括了设计中常用的可重复使用单元，具体包括常用的注释、特征库、零件库、基础件库、标准件库等。本章将重点介绍标准件库的应用。

5.3　标准件库

标准件库是为 CAD 软件提供标准件模型的插件，可以帮助用户快速创建标准件模型。标准件库里面的模型按照国家标准分为 GB、DIN、Ansi 等（图 5-1），按照种类分为螺母、铆钉和焊钉等（图 5-2）。



图 5-1　按照国家标准分类



图 5-2　按照种类分类

在 SolidWorks 中，标准件库分为【Toolbox】和【3DContentCentral】，通俗来讲即分为本地资源和在线资源，如图 5-3 所示。本章将介绍如何使用这两种资源。



图 5-3　【Toolbox】和【3D ContentCentral】

5.4　Toolbox

5.4.1　Toolbox 的启动方式

单击菜单栏中的【工具】/【插件】，弹出【插件】对话框，勾选【SolidWorks Toolbox】和【SolidWorks Toolbox Browser】，启动插件，如图 5-4 所示。

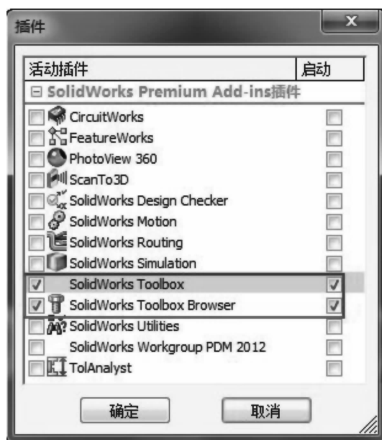


图 5-4　【插件】对话框

5.4.2　智能扣件

如果装配体中包含有特定规格的孔、孔系列或孔阵列，利用智能扣件可以自动添加扣件（螺栓和螺钉）。智能扣件使用【SolidWorks Toolbox】标准件库自动地给装配体中所有可用的孔特征添加扣件，这些孔特征可以是装配体特征，也可以是零件中的特征。向装配体中添加新扣件时，扣件的默认长度根据装配体中的孔而定。

使用异型孔向导建立孔特征，可以最大限度地利用智能扣件的优势。向导中给定的标准尺寸能够与螺钉和螺栓匹配。对于其他类型的孔，用户可以自定义智能扣件，添加任何类型的螺钉和螺栓并作为默认扣件使用。在装配体中添加扣件时，扣件可以自动地与孔建立重合和同轴心配合。

5.4.3　异型孔向导/Toolbox

在菜单栏中单击【工具】/【选项】/【系统选项】/【异型孔向导/Toolbox】，单击【配置】按钮，弹出图 5-5 所示对话框。

【异型孔向导/Toolbox】用来设置智能扣件，包括默认扣件和自动扣件更改。如果孔是由异型孔向导或者孔系列创建的，扣件类型可以通过相关对话框中的孔标准、类型和扣件来

确定。如果孔是由其他方法创建的，如凸台的内部轮廓、拉伸切除或旋转切除，智能扣件将根据孔的物理尺寸选择一个合理的扣件直径。



图 5-5　Toolbox 配置对话框

5.4.4　添加智能扣件

创建和编辑装配特征以修改图 5-6 所示的装配体“Electric motor”。

步骤 1　打开文件

打开本章“实例”文件夹下的“Electric motor”装配体文件，此装配体已经添加好了配合关系。

步骤 2　创建异型孔

在装配体特征工具栏中单击【装配体特征】，在下拉菜单中选择【异型孔向导】。

步骤 3　设置【孔类型】参数

打开【异型孔向导】命令后，按图 5-7 所示进行参数设置。需要注意的是，在【特征范围】选项组中，选择【所选零部件】，然后选择需要添加异型孔的零部件，勾选【将特征传播到零件】。

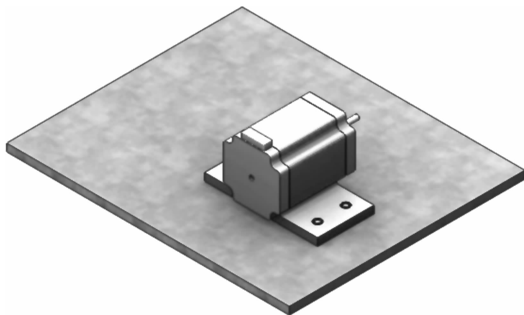


图 5-6　装配体“Electric motor”



图 5-7　设置【孔类型】参数

步骤 4　设置异型孔位置

设置【孔类型】参数后，单击【位置】，并选择图 5-8 所示平面绘制草图（不需要单击【3D 草图】按钮），并完全定义草图，完成操作后单击按钮✓退出【异型孔向导】命令。

步骤5　打开智能扣件

单击装配体特征工具栏中的【智能扣件】，如果此时没有打开【Toolbox】插件，则会出现图5-9所示提示框。

步骤6　加载Toolbox

打开任务窗格中的【设计库】，单击【Toolbox】选项，如果已经开启了【Toolbox】插件，则会有如图5-10所示目录。

如果还没有开启【Toolbox】插件，则会出现图5-11所示提示框，此时需要单击“现在插入”，即会加载【Toolbox】。

步骤7　再次打开智能扣件

再次单击【智能扣件】，将出现如图5-12所示提示框，单击【确定】继续操作。

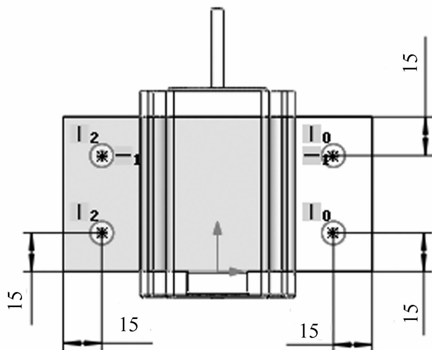


图5-8　设置异型孔位置



图5-9　Solidworks提示框

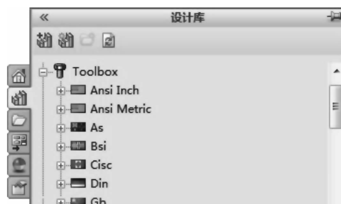


图5-10　设计库



图5-11　加载Toolbox

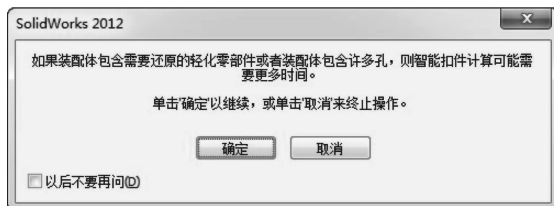


图5-12　SolidWorks提示框

步骤8　自动添加智能扣件

打开【智能扣件】命令后，在其属性框中单击【增添所有】，如图5-13所示。

在【结果】选项组中可以看到【标准件】的型号；在【系列零部件】选项组中可以设置是否自动调整到孔直径大小和长度，以及是否添加【顶部层叠】和【底部层叠】；在【属性】选项中可以对【标准件】的大小、长度、显示效果和备注进行修改，如图5-14所示。完成编辑后单击按钮✔退出【智能扣件】。

利用【顶部层叠】和【底部层叠】可以选用适应的垫圈或螺母等。本例将采用手动方式添加螺母。

步骤9　查看结果

旋转模型查看已添加完成的智能扣件，在设计树中也会出现其步骤名称，如图5-15所示。



图 5-13　智能扣件属性框



图 5-14　设置智能扣件参数

步骤 10　打开零件“Central”

在设计树中右击零件“Central”，选择【打开零件】，如图 5-16 所示。

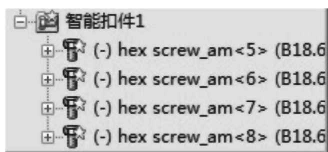


图 5-15　查看结果



图 5-16　打开零件“Central”

步骤 11　查看零件“Central”

打开零件“Central”后会发现柱形沉头孔孔已被添加到零件模型中，如图 5-17 所示。

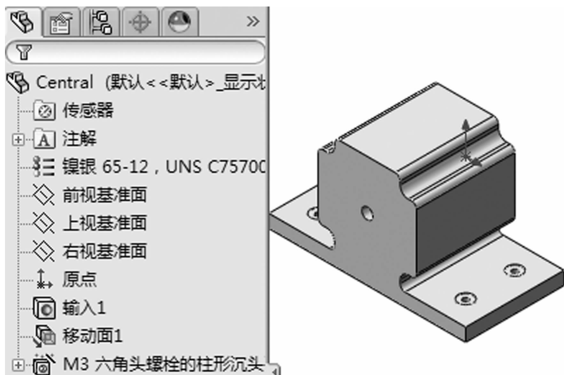


图 5-17　查看零件“Central”

步骤 12　关闭零件“Central”

步骤 13　手动添加智能扣件

打开任务窗格中的【设计库】，找到【Toolbox】选项，并在目录里面依次打开【Gb】/【螺母】/【六角螺母】，如图 5-18 所示。



图 5-18　手动添加智能扣件

步骤 14　放置标准件

在 Toolbox 库中，单击选中【1 型六角螺母】，并按住不放，将其拖动到已被添加到装配体中的智能扣件【六角头螺钉】的柱形模型面上，将其拖动至图形区域中的位置时，将会出现光标，此时松开左键，将会自动添加【1 型六角螺母】和【六角头螺钉】的配合关系。如图 5-19 所示。



图 5-19　放置标准件并自动添加配合

步骤 15　配置零部件

零件放置完成后，将会出现【零部件配置】属性框，在其中找到【选项】，并勾选【将大小自动调整到配合的几何体】，完成编辑后单击按钮。

步骤 16　添加其余的标准件

成功放置完第一个标准件后，继续采用同样方法放置其余 3 个标准件。

步骤 17　查看结果

打开设计树，在配合文件夹中会发现带有黄色五角星的配合在里面，如图 5-20 所示，这些配合即为手动插入标准件时所自动添加的。



图 5-20　查看结果

步骤 18　保存并关闭装配体

单击【保存】并关闭装配体，因为此装配体中存在虚拟零部件，所以会弹出图 5-21 所示【另存为】对话框，选择【内部保存】再单击【确定】按钮。

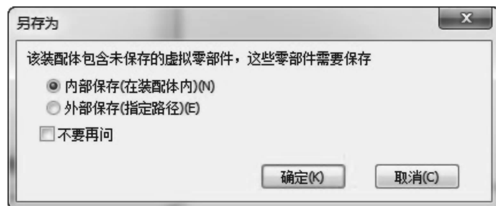


图 5-21 【另存为】对话框

5.5 3D ContentCentral 的应用

5.5.1 概述

【3D ContentCentral】是一个免费的在线资源，用于查找、配置及下载已被标准零部件制造商认可的几百万种标准零部件的 3D 模型和 2D 工程图。通过加入【3D ContentCentral】社区，用户可以查找、配置及下载供应商的 3D 模型，以应用到产品设计中。

除了供应商的 3D 目录，【3D ContentCentral】还可以访问由 280000 个以上注册用户所提供的 3D 零部件模型组成的用户库。如果在【3DContentCentral】供应商的 3D 目录中没有找到某个特别的供应商目录，也可以在用户提供的模型库中搜索并下载所需要的零部件模型。同样也可以将模型提交给【3D ContentCentral】用户库以供其他用户使用。

5.5.2 应用

创建和编辑装配体以修改 5.4.4 中的图 5-6 所示的“Electric motor”装配体。

步骤 1 打开 SolidWorks 软件

步骤 2 打开 3D ContentCentral

打开任务窗格中的【设计库】，单击【3D ContentCentral】选项，在【3D ContentCentral】选项下有【供应商内容】和【用户库】两个选项，如图 5-22 所示。

步骤 3 查看供应商内容

单击【供应商内容】前面的加号，将弹出【3D ContentCentral 使用条款对话框】，单击【接受】按钮将加载如图 5-23 所示【所有供应商】和【所有类别】文件夹。

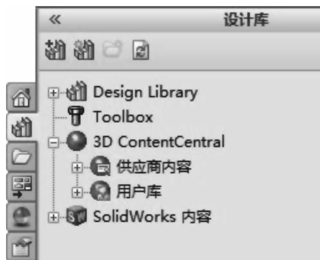


图 5-22 【供应商内容】和【用户库】选项

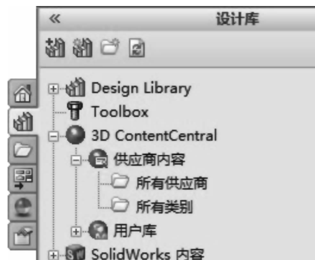


图 5-23 【所有供应商】和【所有类别】文件夹

步骤 4 查看所有类别

单击选择文件夹【所有类别】，将出现图 5-24 所示的【Click here for all categories】图标，单击该图标，将会打开网页链接。

步骤 5 切换界面语言

将弹出的网页翻至最下面，并找到【简体中文】链接，切换界面语言（也可以选择其

他语言），如图5-25所示。

步骤6　登录【3D ContentCentral】

将网页翻至界面最顶处，在左上方会有如图5-26所示的登录【3D ContentCentral】入口，如果有账号则选择【登录】，如果没有账号则选择【注册】，进入【3D ContentCentral】。

步骤7　查找内容

进入【3D ContentCentral】后，在登录入口下面有一个搜索框，可通过此搜索框查找模型，还可通过高级搜索进行模型查找，如图5-27所示。

步骤8　查找齿轮

在图5-27所示搜索窗口中输入“LKA-F3”，并单击【搜索】，也可通过【高级搜索】来查找。页面将会针对齿轮加载所有的查询结果。在结果目录中找到图5-28所示型号规格的齿轮。单击齿轮图片打开链接。

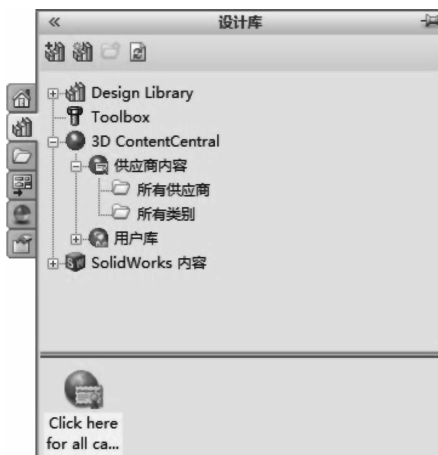


图5-24　查看所有类别



图5-25　切换界面语言



图5-26　选择【登录】或【注册】



图5-27　查找内容

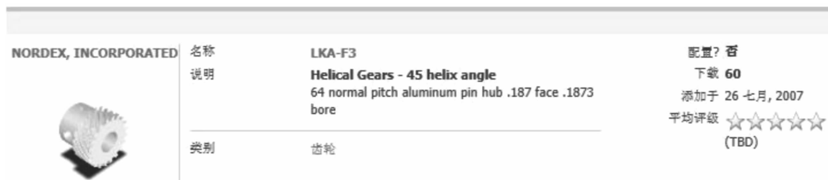


图5-28　查找“LKA-F3”齿轮

步骤9　配置齿轮参数

打开链接后可以看到图5-29所示信息，在【配置及下载】选项卡中有两个内容：【配置】和【下载】，在【配置】下拉列表框中选择【LKA-F3-30】型号。



图 5-29　选择齿轮型号

步骤 10　预览 3D 模型

选择型号后，单击其下方的【更新预览】，如图 5-30 所示。并在页面的预览窗口中选择【预览 3D】，预览该型号模型，如图 5-31 所示。

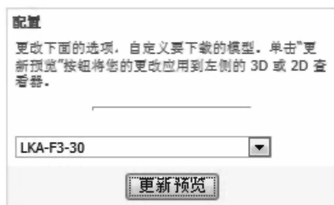


图 5-30　更新预览

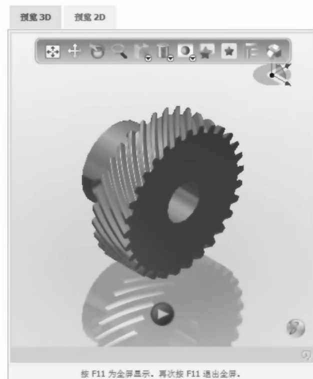


图 5-31　预览 3D 模型

步骤 11　设定下载格式

在【下载】选项组中将【格式】选为【3D】，并在下拉菜单中选择【SolidWorks Part/Assembly（*.sldpart)】，如图 5-32 所示，在【版本】的下拉菜单中选择【2013】。



图 5-32　设置下载规式

步骤 12　下载模型

完成配置和设置下载参数后单击【下载】选项组中的【下载】，弹出图 5-33 所示【下载】对话框，在对话框中单击 LKA-F3，选择【另存为】将零件保存，如图 5-34 所示。



图 5-33　【下载】对话框

步骤 13　解压模型

将下载的模型解压，并将其放置到“Electric motor”文件夹中。

步骤 14　打开文件“Electric motor”

打开装配体文件“Electric motor”，此装配体已经添加了配合关系。

步骤 15　插入零部件

单击装配体特征栏中的【插入零部件】，并在【插入零部件】属性框中单击【浏览】，将从【3D ContentCentral】下载的模型“NORDEX-LKA-F3-30”插入到装配体中。



图 5-34　设置保存路径

步骤 16　添加配合

如图 5-35 所示，在两圆柱面添加一个【同轴心】配合，如图 5-36 所示在两平面添加一个【重合】配合。

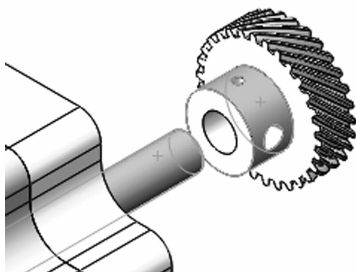


图 5-35　添加【同轴心】配合

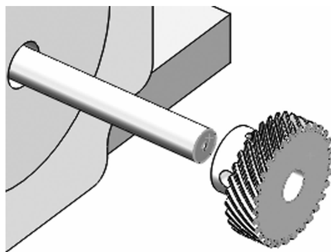


图 5-36　添加【重合】配合

步骤 17　保存并关闭装配体

单击【保存】并关闭装配体，因为此装配体中存在虚拟零部件，所以会弹出图 5-37 所示对话框，选择【内部保存】再单击【确定】按钮。

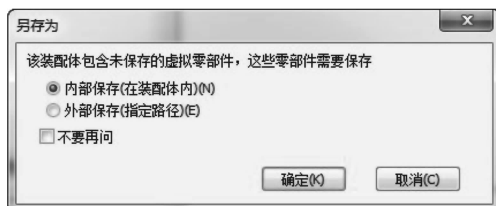


图 5-37　【另存为】对话框

5.6 课后小结

本章介绍了标准件在 SolidWorks 中的应用，包括【Toolbox】和【3D ContentCentral】。主要介绍如何使用本地资源和在线资源来查找所需要的模型。

5.7 课后练习

创建和编辑装配特征以修改图 5-38 所示装配体“Fan”。异型孔的型号：柱形沉头孔、ANSI Metric、六角螺钉、M2 大小、正常配合。异型孔位置如图 5-39 所示，同零部件“Stand”的圆角边线【同轴心】。螺母型号为 1 型六角螺母 GB/T6170—2000。添加完成示意图如图 5-40 所示。

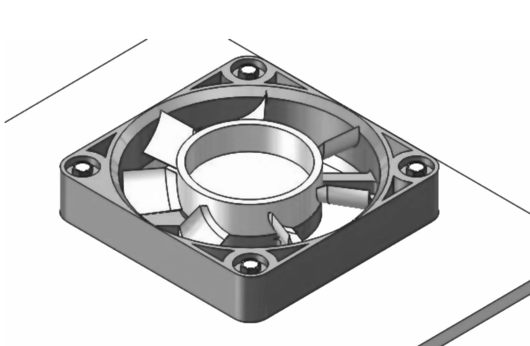


图 5-38 装配体“Fan”



图 5-39 孔位置与圆角同轴心

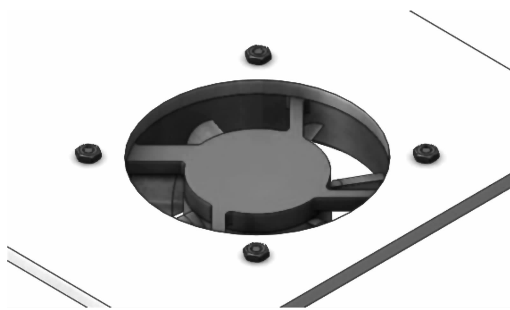


图 5-40 添加完成示意图

第 6 章　工　程　图

【学习目标】

- 学会创建多种类型的工程图
- 为工程图添加注解
- 装配体工程图的应用
- 工程图环境模板的设置

6.1　概述

工程图是表达设计者思想，以及加工和制造零部件的依据。工程图是由一组视图、尺寸、技术要求、标题栏及明细表等几部分内容组成的。

当 3D 模型创建好之后，用 SolidWorks 制作工程图就像是用相机给模型各个方向拍照，然后按照工程图的要求进行处理来表达模型。而且，零件、装配体和工程图是互相关联的文件；对零件或装配体所做的任何更改，工程图文件会相应更新，反之也是一样。

在工程图中有些内容保持相对稳定，比如工程图的图幅大小、标题栏设置、零件明细表等，将其称之为“图纸格式”。在创建零件和装配体工程图时，首先要选择一个工程图的“模板”。模板通常包含了一个相对应的图纸格式，另外还有一些全局设定，来保证所有图纸规范协调。

一般来说，工程图包含几个由模型直接建立的视图，也可以由现有的视图建立新视图，例如“剖视图”是由已有的视图生成的。当然，也可以在一个工程图文件中创建多个图纸来表达大型产品的细节。

如图 6-1 所示是一张完整的零件工程图，具有各种视图、注解和标题栏等元素。

图 6-1　轴零件工程图

6.2 术语

SolidWorks 工程图中会用到许多专业术语，包括：图纸、图纸格式和视图等。

（1）图纸　在 SolidWorks 中可以将图纸理解为一张实际的绘图用纸。图纸用来放置视图、尺寸和注解。一张工程图可以用多张图纸来描述产品。

（2）图纸格式　图纸格式包括图框、标题栏和必要的文字。

（3）模板　SolidWorks 为工程图提供了一系列样式模板，也可以自定义模板，如图 6-2 所示。通过打开现有模板或任何工程图文件，来设定选项并插入项目，如标题块、基体零件等，然后将其保存为模板格式。

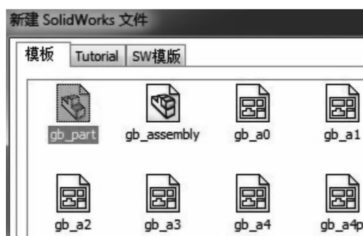


图 6-2　模板

模板文件有以下扩展名：

“ *. prtdot”（零件）

“ *. asmdot ”（装配体）

“ *. drwdot”（工程图）

6.3 工程图的操作步骤

1）新建工程图文件，选择模板和关联零部件。

2）生成标准视图，包括模型视图和标准三视图。

3）生成派生视图，包括局部视图（局部放大图）、剖面视图（剖视图）、投影视图、断裂视图（断面图）等。

4）对齐和显示视图包括操纵视图、隐藏和显示视图、工程图中的显示状态。

5）标注尺寸、注释、基准、形位公差（几何公差）和其他注解等。

6）保存工程图。

7）打印和发送工程图。

6.4 工程图元素

一张完整的工程图，除了模型和必要的设置外，图纸内容还包括了必要的元素，以完整地表达设计者的设计意图和加工制造的依据：视图、注解与符号、尺寸与公差、表格、零件序号等。视图布局如图 6-3 所示。

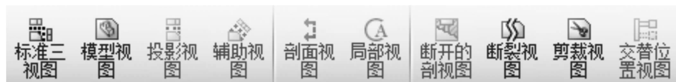


图 6-3　视图布局

6.4.1 标准视图

标准视图是根据模型不同方向的投影建立的，标准视图取决于模型在三维坐标系中的摆

放。在产品设计中，一般在主视图放置能表现产品主要外形的最佳轮廓，因此，在模型创建的初期，选择第一个草图基准面时，就要考虑主视图是哪一个基准面，这样再生成视图比较方便。

标准视图包括标准三视图和模型视图。

1.【标准三视图】

为模型同时生成三个标准的正交视图，即主视图、俯视图和左视图，此为默认配置，如图 6-4 所示。主视图一般为模型的“前视图”，是根据产品主要特征而画成的主要视图，俯视图和左视图分别是模型在相应位置的投影。



图 6-4　【标准三视图】

2.【模型视图】

根据预定义视图生成单一方向视图。SolidWorks 预定义的模型视图有：主视图、仰视图、左视图、后视图、俯视图、右视图、等轴测图。【模型视图】如图 6-5 所示，其预定义如图 6-6 所示。



图 6-5　【模型视图】

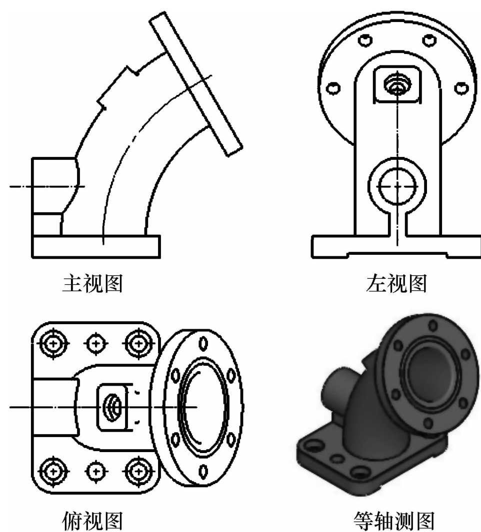


图 6-6　模型视图的预定义

6.4.2　派生视图

由其他视图派生的视图称为派生视图，它包括【投影视图】、【辅助视图】、【局部视图】、【裁剪视图】、【断开的剖视图（局部剖视图）】、【断裂视图】、【剖面视图】、【旋转剖视图】、【交替位置视图】。

1.【投影视图】

基于一个已有视图进行八个方向的投影而生成的视图称为投影视图，如图 6-7 所示。投影方向根据图纸属性设定。投影后的视图为子视图，已有视图为父视图，子视图的一些属性将继承父视图，比如视图显示样式、视图比例等。

2. 【辅助视图】

与投影视图类似，但它是垂直于现有视图中参考边线的展开视图。如图 6-8 所示“视图 *A*”为主视图 *A* 向的辅助视图。

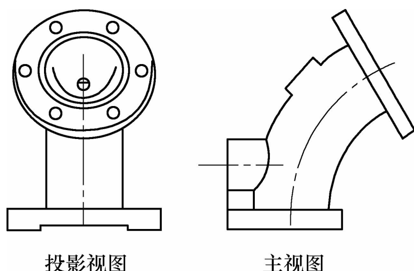


图 6-7　投影视图

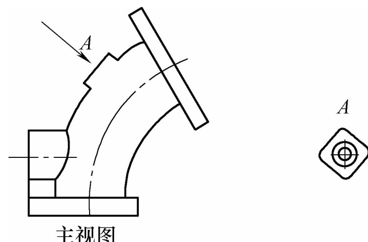


图 6-8　辅助视图

3. 【局部视图】

用来表示一个视图的某个部分，通常是以放大比例显示的视图称为局部视图，如图 6-9 所示。局部视图可以是正交视图、等轴测视图、剖面视图、裁剪视图、爆炸装配体视图或另一局部视图。

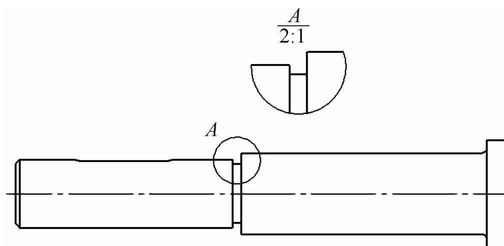


图 6-9　局部视图

4. 【剪裁视图】

通过隐藏定义区域之外的所有内容而集中于视图的某部分称为剪裁视图，如图 6-10 所示。除了局部视图或已用于生成局部视图的视图，【裁剪视图】可以裁剪任何视图。所定义区域必须为封闭轮廓草图。

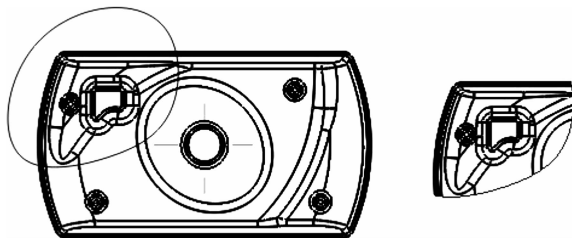


图 6-10　剪裁视图

5. 【断开的剖视图】

在标准视图中剖切零件或装配体的某部分以显示内部结构的视图称为断开的剖视图，如图 6-11 所示。不能在【局部视图】、【剖面视图】、或【交替位置视图】上生成断开的剖视图。在爆炸视图上生成【断开的剖视图】，所在【爆炸视图】中将不可解除爆炸。剖面区域也要求草图轮廓封闭。

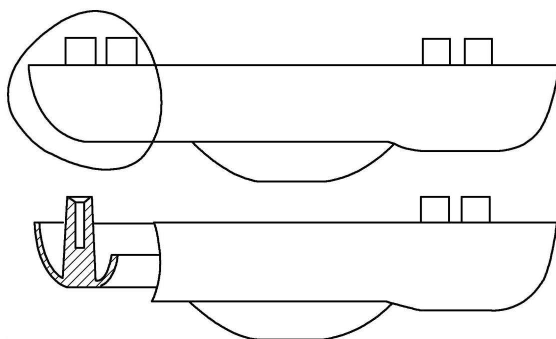


图 6-11　断开的剖视图

6. 【断裂视图】

将较大长度或宽度视图按比例显示在较小的工程图纸上称为断裂视图，如图 6-12 所示。

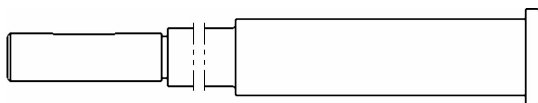


图 6-12　断裂视图

7. 【剖面视图】

用剖切线分割父视图并生成一个单独的视图称为剖面视图，如图 6-13 所示。

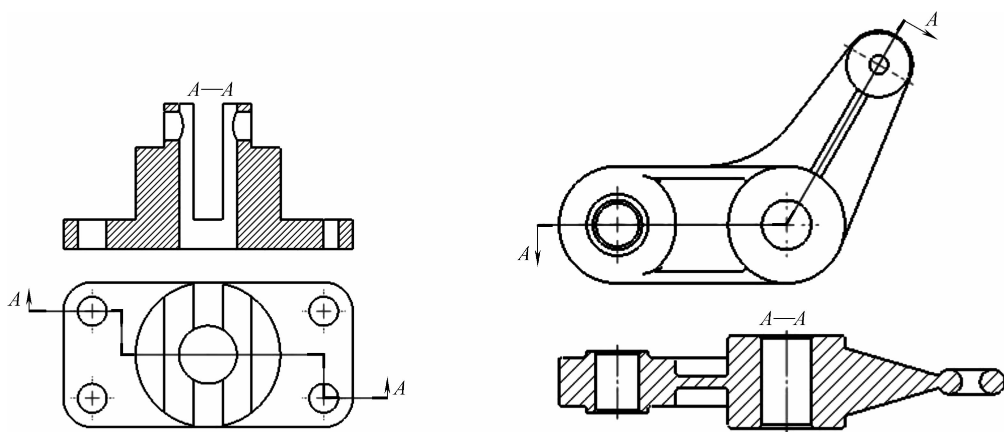


图 6-13　阶梯剖视图与旋转剖视图

8. 【交替位置视图】

通过在同一视图上显示不同位置装配体零部件的运动范围的视图称为交替位置视图，如图 6-14 所示。【交替位置视图】用细双点画线在原有视图上层叠显示一个或多个交替位置视图。

6.4.3　尺寸与注解

利用【智能尺寸】可以自动或手动为工程图添加注解和尺寸，【模型项目】可以将三维

模型的信息（比如草图尺寸）导入到工程图中。注解工具可以为工程图添加螺纹线、表面粗糙度符号、基准特征符号、基准目标符号、销钉符号、多转折引线、零件序号、成组的零件序号、区域剖面线、焊接符号、形位公差、中心符号线、中心线、焊缝、修订符号以及孔标注等，如图 6-15 所示。

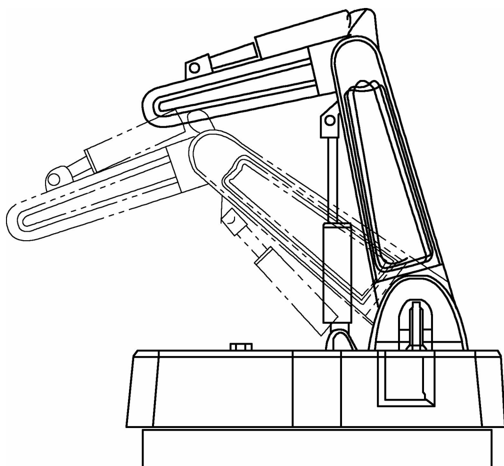


图 6-14　交替位置视图

6.4.4　图纸格式与图纸属性

【图纸属性】包含了图纸名称、全局比例和当前图纸的投影类型等信息。图纸格式囊括了标题栏、图框、注释、嵌入的图像、自定义属性、图表定位点等信息。这些信息相对比较稳定，不做修改，一般保存在图纸模板中，在绘图时直接调用相对应的模板即可。这两个设定可以在工程图空白区域右击找到，如图 6-16 所示。

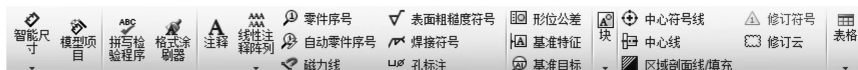


图 6-15　注解命令

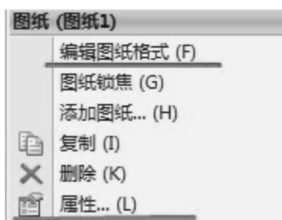


图 6-16　右击调出图纸格式

6.5　综合实例

6.5.1　实例 1—模型视图

本例将采用 SolidWorks 自带的国标 A3 图纸大小的模板，以模型视图的方式进行某零件的出图。

步骤 1　赋予零件材料信息

打开本章素材“实例”文件夹中的“皮带轮”零件，手动添加一种材料“HT200”。在设计树中右击【材质】，选择【编辑材料】在【材料】对话框中右击【自定义材料】，选择【新类别】，修改名称为“铸铁”。右击【铸铁】，新建材料“HT200”，按图 6-17 填入材料属性信息。对于本例，重要的材料属性是材料【名称】HT200，【质量密度】为 7280kg/m^3，其他的参数用于分析，可以不填。单击【应用】按钮再单击【关闭】按钮，关闭材料对话框。

步骤 2　补充零件信息

单击菜单栏【文件】/【属性】，切换到【自定义】选项组，将属性名称中的“零件号”的数值改为“PDL001”，“设计”赋值为“张三”，根据需要将各种“属性”赋值，如

图 6-18 所示。确定之后保存。

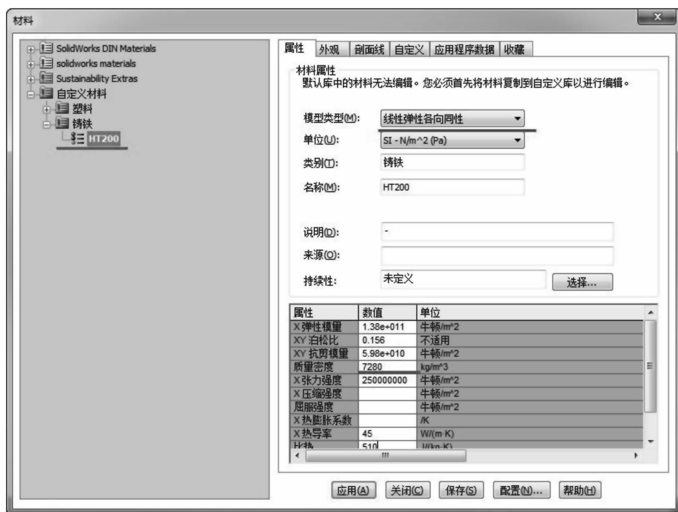


图 6-17　自定义 HT200 材料



	属性名称	类型	数值 / 文字表达	评估的值
1	Description	文字		
2	质量	文字	"SW-Mass@皮带轮.SLDPRT"	1.662
3	材料	文字	"SW-Material@皮带轮.SLDPRT	HT200
4	单重	文字	"SW-Mass@皮带轮.SLDPRT"	1.662
5	零件号	文字	PDL001	PDL001
6	设计	文字	张三	张三

图 6-18　添加零件属性信息

步骤 3　创建“GB-A3”工程图纸

单击【文件】/【新建】，选择【gb_ a3】模板，如图 6-19 所示。单击【确定】按钮创建“GB-A3”工程图纸。


注意

零件、装配体和工程图的模板图标不同。

步骤 4　创建第一个视图

单击【视图布局】工具栏上的【模型视图】，出现【模型视图】属性框。单击【浏览】按钮至“实例”中的“皮带轮”文件，单击【下一步】按钮，如图 6-20 所示将方向选择为左视，单击【打开】按钮，选择视图窗口图框右侧单击【放置】按钮。如果默认视图比例较小，则可在图纸框中的空白区域右击，选择【属性】，修改比例为 1∶1。

步骤 5　创建投影视图

单击【视图布局】工具栏上的【投影视图】，如果图纸上只有一个视图，则软件将智能地选择该视图作为投影的父视图；如果图纸上不止一个视图就需要选择一个父视图。由于此例中只有一个视图，所以直接将光标移动到“左视图”的左侧，将自动产生投影视图“主视图”，单击放置主视图，结果如图 6-21 所示。



图 6-19　选择工程图模板

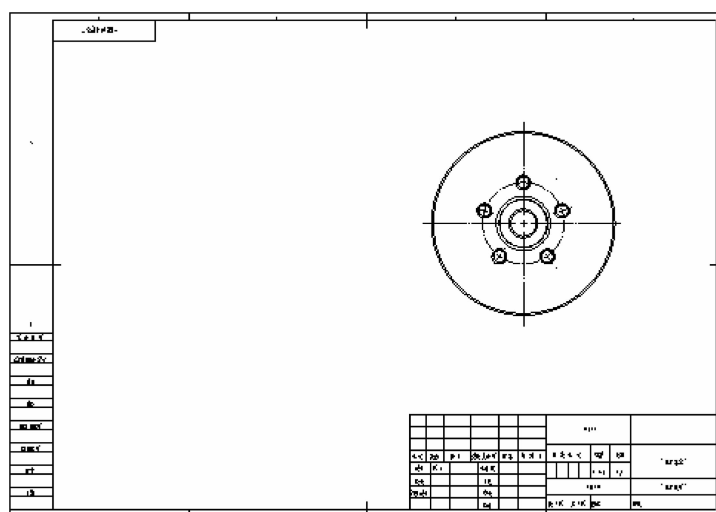


图 6-20　添加左视图

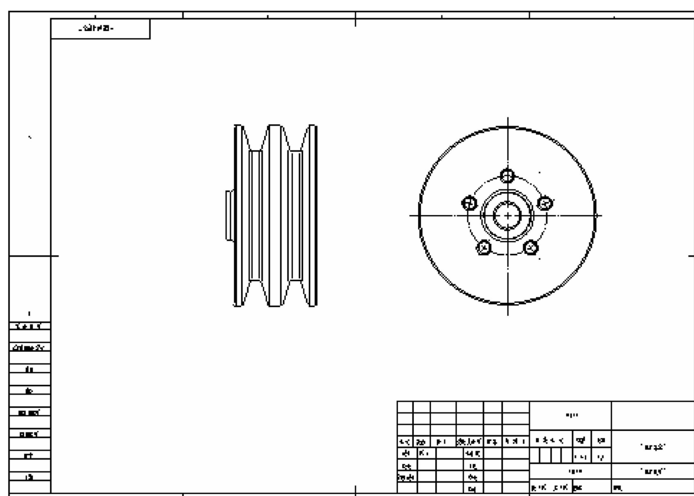


图 6-21　用投影添加主视图

步骤 6　创建剖视图

由于主视图无法反映产品的内部结构，所以要将主视图替换为剖视图，体现孔的结构。右击主视图，在弹出菜单中选择删除，确认删除主视图。选择【视图布局】中的剖面视图，选择切割线下的“对齐”，如图 6-22 所示。根据工具的提示，第一个点选择视图的中心线上方，第二个点选择中间圆的圆心，第三个点选择左下角圆的圆心，如图 6-23 所示。单击【确定】按钮，放置剖面视图，完成的剖面视图如图 6-24 所示。注意剖面方向，如果和图 6-24 不同，可以单击剖面视图，在属性管理器中选择【反转方向】。有关某一视图的设置，都可以单击此视图，在左侧的属性管理器中进行修改。



图 6-22　剖面视图工具

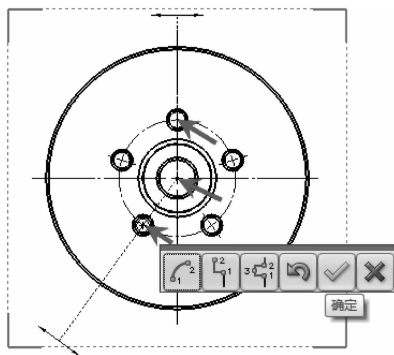


图 6-23　设定剖切位置

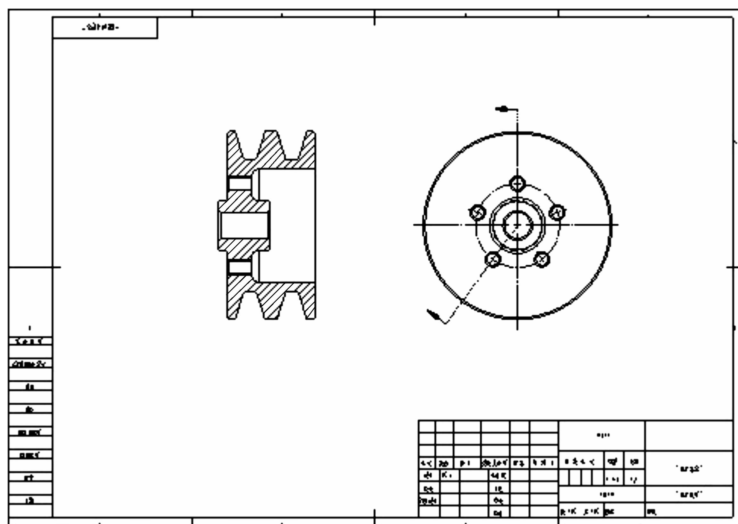


图 6-24　完成的剖面视图

步骤 7　添加中心线和尺寸

选择【注解】工具中的【中心线】按钮，依次单击左视图中的三个孔，添加三条回转轴线。依次单击左侧轮槽的两条对称齿面线，产生对称中线，用同样方法作出右侧轮槽对称中线，并退出中心线工具。单击各条点画线，拖拽线的两个端点，调整点画线的长度，如

图 6-25 所示。

步骤 8　添加尺寸

此零件在建模过程中产生的草图尺寸比较规范，完全可以导入到工程图中再次利用。使用注解中的【模型项目】工具，选择命令管理器中【来源/目标】下的【整个模型】，勾选【将项目输入到所有视图】，选择【尺寸】下的【为工程图标注】按钮，并单击确定，将草图中的尺寸导入到工程图中。

注意　添加的尺寸为驱动尺寸，意味着对尺寸的修改会导致模型发生改变，这跟零件草图或特征中的尺寸是双向关联的。

导入的尺寸位置比较乱，框选所有尺寸，然后右击空白区域，在弹出的快捷菜单中选择【对齐】下的【自动排列】，稍候 SolidWorks 软件会自动排列尺寸位置。然后再手动调整少数尺寸到合适的位置即可，如图 6-26 所示。

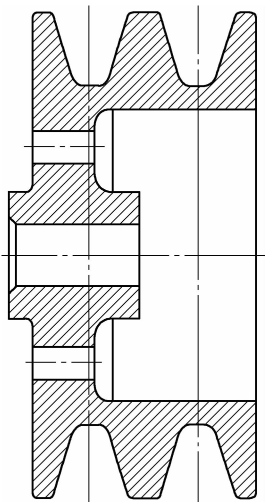


图 6-25　添加并调整中心线

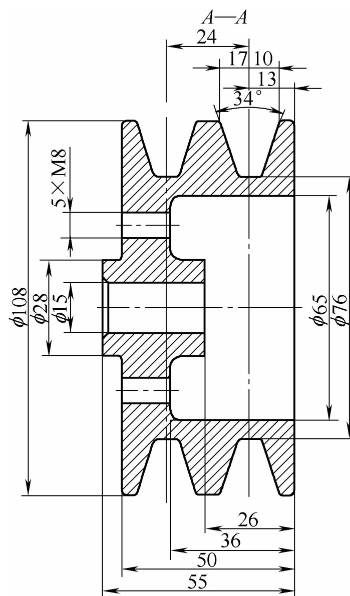


图 6-26　插入和自动排列尺寸

步骤 9　修整尺寸标注

模型大部分圆角尺寸为 *R*2，可以不标注，在技术条件中进行说明，所以删除图纸中所有 *R*2 的尺寸。对于某些尺寸需要手动标注出来，比如倒角。使用【模型项目】导入的倒角尺寸显示方式不符合标准，要删除并重新标注。右击左视图中的尺寸 1 和 0.50，选择删除。选择【智能尺寸】下的【倒角尺寸】，如图 6-27 所示。选择主视图中要倒角的夹角为 45°的两条边，添加 *C*1、*C*2 两个倒角尺寸，如图 6-28 所示。这种手动添加的尺寸为参考尺寸，无驱动作用。

步骤 10　移动尺寸

按住 <Shift> 键，单击主视图中 M8 的尺寸拖拽到左视图中，并调整位置。选择 M8 尺寸，在属性管理器中【数值】标签，将【标注尺寸文字】中的内容修改为“5 × M <DIM>

-6HEQS”；选择【引线】选项卡中的【直径】标注方法（图6-29）。添加直径ϕ48尺寸和标准M8孔的中心圆，如图6-30所示。



图6-27　倒角工具

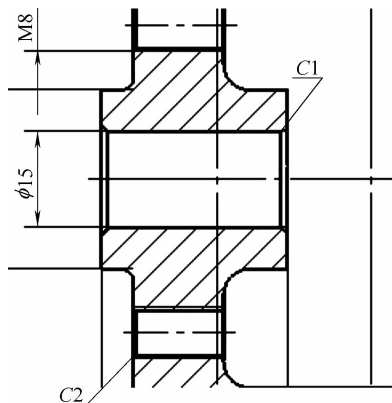


图6-28　两个倒角尺寸

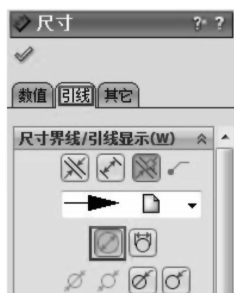


图6-29　修改螺纹孔尺寸显示方

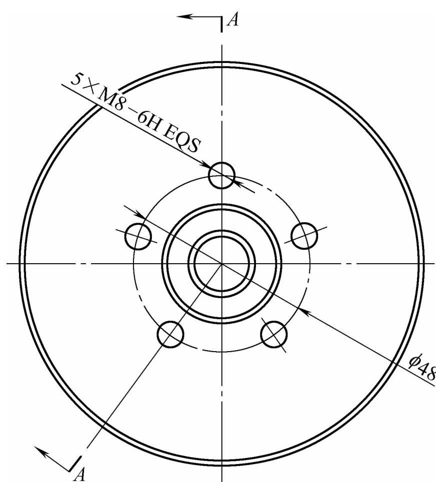


图6-30　标注螺纹尺寸

步骤11　添加其他注解

如图6-31所示添加基准和表面粗糙度等注解。

步骤12　添加重要尺寸公差

对于内孔要装配到电动机轴上，需要添加公差控制尺寸范围。单击直径ϕ15尺寸，在属性管理器中选择【公差/精度】下的双边，正值填入0.03，负值为0.00，其他默认，如图6-32所示。

步骤13　添加技术条件

单击【注释】工具，输入以下内容：

技术要求

1. 零件无铸造缺陷。

2. 去锐边去毛刺，未注圆角为R2。

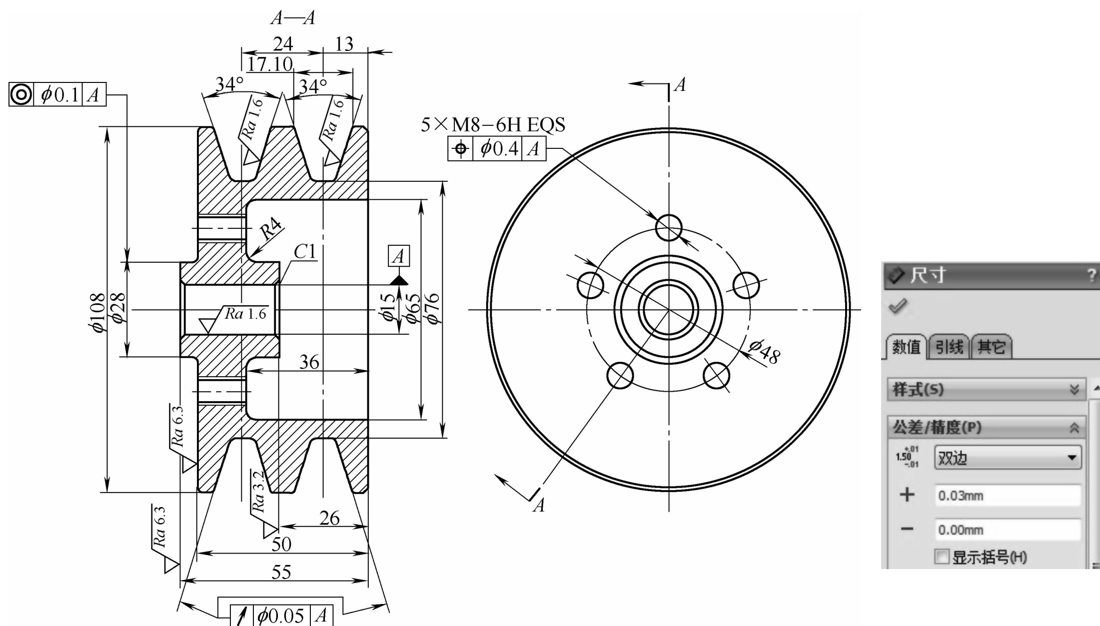


图 6-31　添加其他注解

图 6-32　添加公差

步骤 14　完成并保存工程图

根据图 6-33 完善工程图：添加注解“其余不加工”其余 。到图纸右上角，完成工程图并保存。

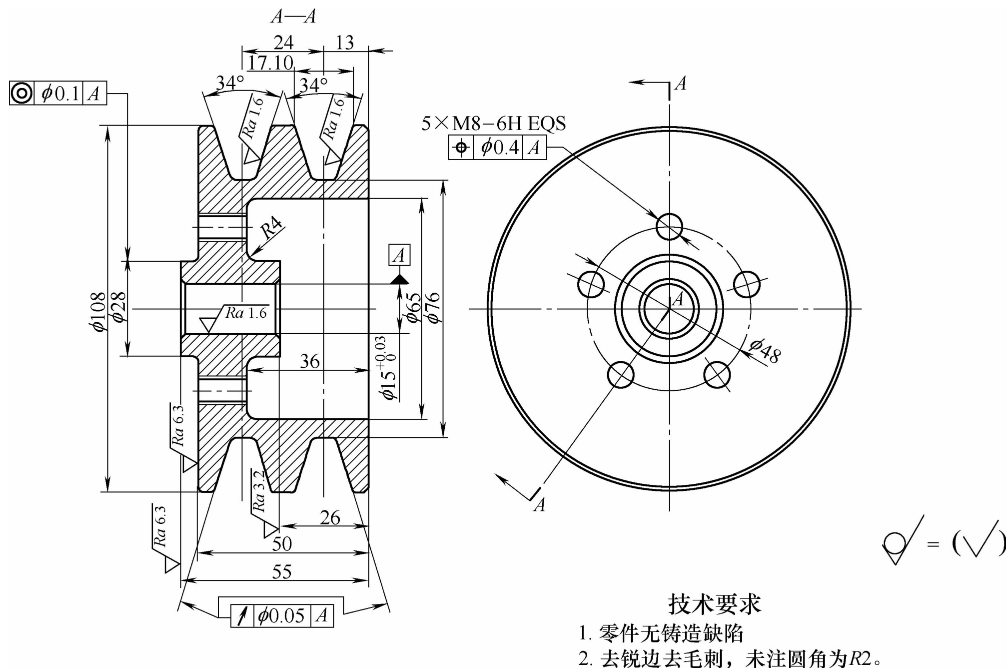


图 6-33　完成并保存工程图

6.5.2　实例2—视图调色板

本例将采用SolidWorks自带的国标A3图纸大小的模板，以视图调色板的方式进行某装配体的出图，这种方法比实例1中的方法更加便捷直观。装配体工程图比零件图多了爆炸视图和一些注解，比如零件序号、材料明细表等。

步骤1　设置生成视图时隐藏零部件

单击【工具】/【选项】/【系统选项】/【工程图】，勾选【生成视图时自动隐藏零部件】，如图6-34所示，勾选此项后生成的工程图会自动隐藏内部的零部件。

步骤2　打开装配体

打开“实例”文件夹下的“台虎钳”文件，确保当前配置为“关闭”，如图6-35所示。

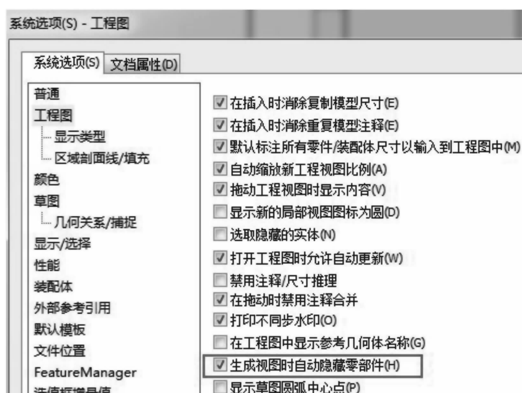


图6-34　生成视图时自动隐藏零部件

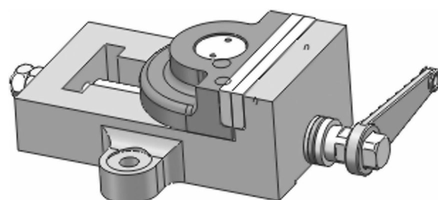


图6-35　“台虎钳”文件

步骤3　创建工程图

单击【文件】/【从装配体制作工程图】，选择【gb_ a3】模板并单击确定。

步骤4　插入第一个视图

在任务选项卡中打开【视图调色板】，拖动“主视”至工程图界面，如图6-36所示。

步骤5　添加投影视图

使用【投影视图】分别投影出如图6-37所示的视图。

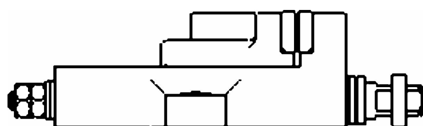


图6-36　插入主视图

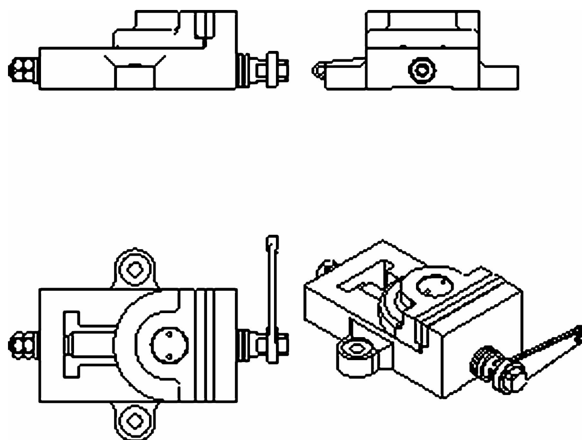


图6-37　投影视图

步骤 6　绘制断开的剖视图

单击【视图布局】工具栏上的【断开的剖视图】命令，在主视图上绘制与图 6-38 相似的封闭样条曲线，在【剖面视图】对话框中选择“圆螺丝钉”、“丝杠”为【不包括零部件/筋特征】(这些零部件将不被剖切)，如图 6-39 所示。单击【确定】，输入剖切【深度】为 95. 00mm，勾选【自动加剖面线】和【预览】，如图 6-40 所示。

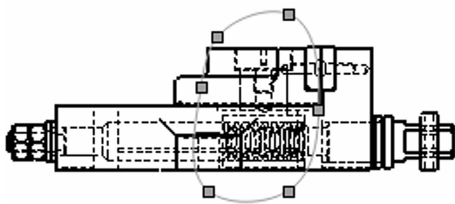


图 6-38　绘制封闭轮廓

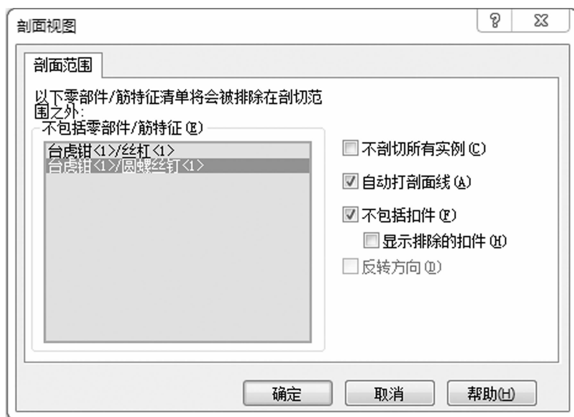


图 6-39　选择剖切范围

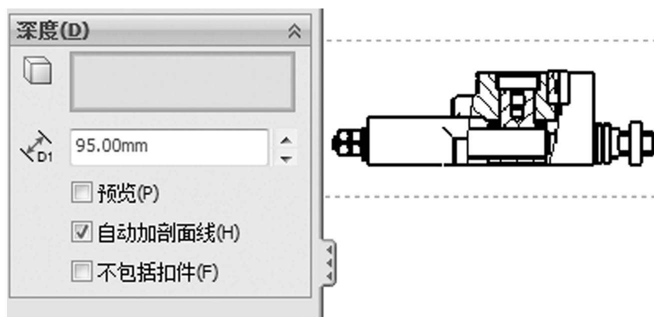


图 6-40　设置属性参数

步骤 7　添加交替位置视图

单击【视图布局】上的【交替位置视图】，出现【交替位置视图】提示信息，选择俯视图后激活【交替位置视图】属性框，为新配置键入名称为“打开”，如图 6-41 所示。单击确定进入模型装配体，在左侧的属性框中选择【移动】为【自由拖动】，【选项】中选择【物理动力学】，检查范围为【这些零部件之间】并选择“动掌”和“虎钳底座零件图”。完成设置后单击下方的【恢复拖动】，拖动“动掌”至“虎钳底座零件图”末端，两个零件相撞后会自动停止，如图 6-42 所示。单击确定，进入工程图，结果如图 6-43 所示。

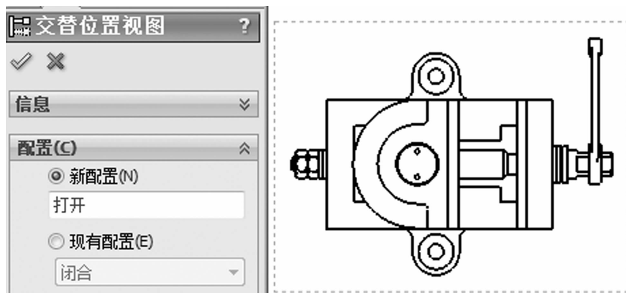


图 6-41　输入新配置名称

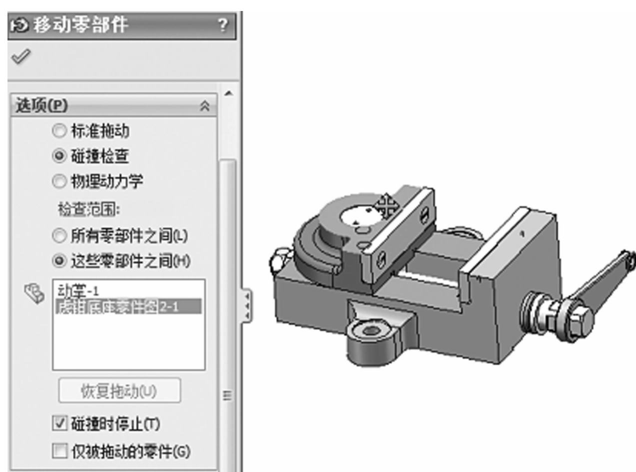


图 6-42　移动零部件

步骤 8　添加爆炸视图

右击“等轴测”视图选择【属性】，在【属性】对话框中勾选【在爆炸状态中显示】，确保参考配置为“默认”，并单击【确定】，如图 6-44 所示。

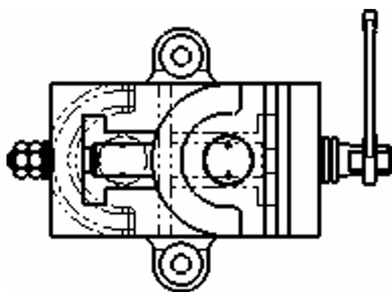


图 6-43　完成交替位置视图

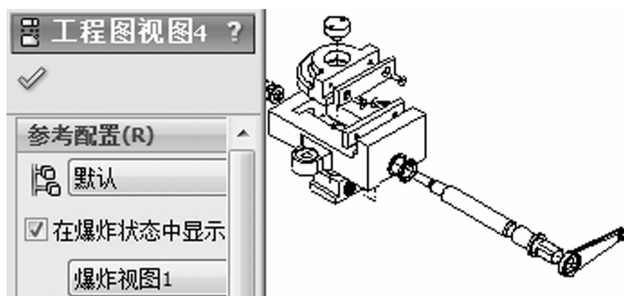


图 6-44　爆炸视图

步骤 9　添加零件序号

选择“爆炸视图”并打开【注解】工具栏中的【自动零件序号】，结果如图 6-45 所示。可手动拖动指引线和零件序号进行排列，结果如图 6-46 所示。

步骤 10　插入材料明细表

单击【插入】/【表格】/【材料明细表】，选择“爆炸视图”，出现材料明细表属性框，如图 6-47 所示，并按图所示进行设置，完成后单击按钮，手动拖动将表格放置在合适位置。

标注两个安装孔的距离和台虎钳活动钳口的活动距离，调整所有视图至合适位置如图 6-48 所示。

步骤 11　替换明细表的列属性

选择材料明细表“说明”列，弹出图 6-49 所示工具栏，选择【列属性】命令，如图 6-50 所示，在【列属性】对话框中选择【列类型】为“自定义属性”，【属性名称】为“材质”，如图 6-51 所示，更改结果如图 6-52 所示。

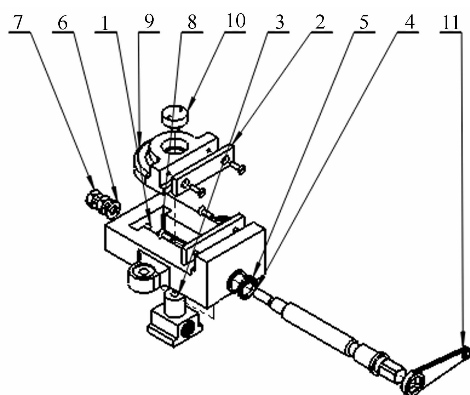


图 6-45　添加零件序号

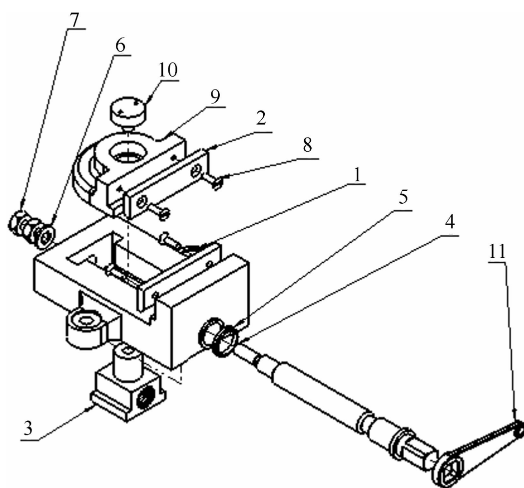


图 6-46　手动拖动调整零件序号

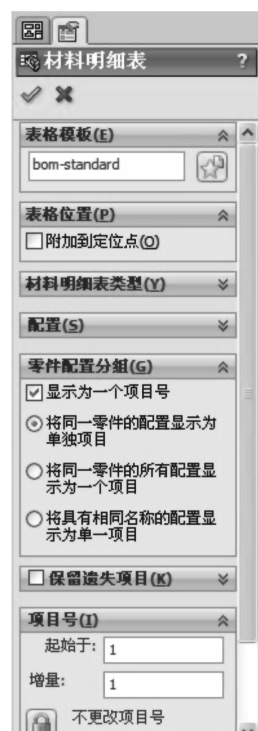


图 6-47　设置材料明细表属性

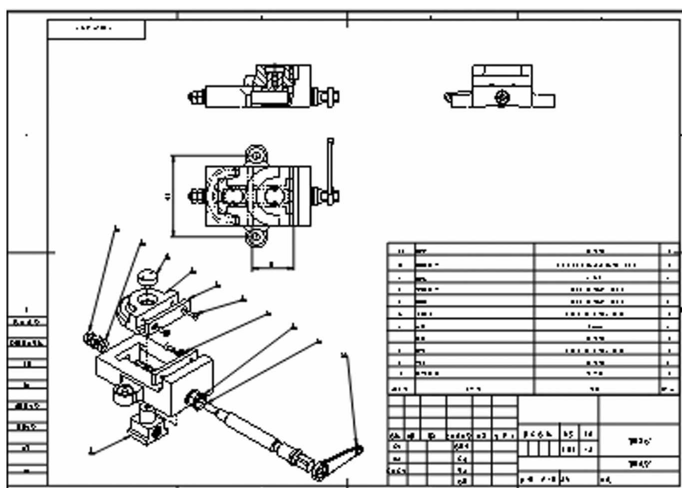


图 6-48　标注尺寸和添加材料明细表



图 6-49　弹出工具栏



图 6-50　选择【列属性】



图 6-51　自定义属性

项目号	零件号	材质	数量
1	虎钳底座	灰铸铁	1
2	钳口	合金钢	2
3	滑块	AISI 1045钢，冷拔	1
4	丝红	合金钢	1
5	垫圈	BUTYL	1
6	垫圈1	AISI 1045钢、冷拔	1
7	螺母	1023碳钢板(SS)	2
8	锥螺钉	1023碳钢板(SS)	4
9	动掌	灰铸铁	1
10	圆螺钉	AISI 321退火不锈钢(SS)	1

图 6-52　明细表更改结果

步骤 12　保存并关闭工程图

6.6　课后小结

通过本章的练习，可以掌握各种视图布局的应用，包括【剖面视图】、【局部视图】、【向视图】等，以及装配体工程图的应用。还可以通过【选项】来设置所需工程图的作图环境。

6.7　课后练习

练习 1

新建【gb_ a3】模板，完成如图 6-53 所示的“摇臂”零件模型工程图。

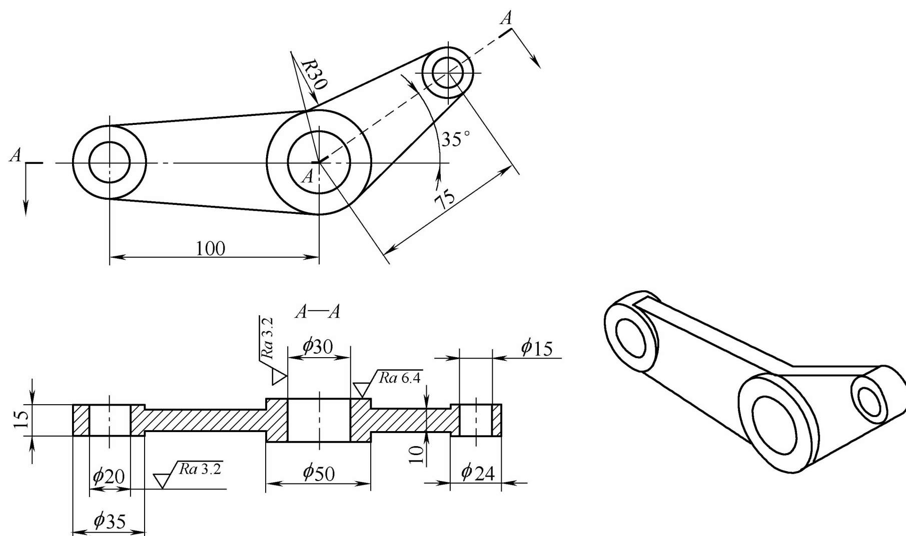


图 6-53 摇臂

练习 2

新建【gb_ a3】模板，完成如图 6-54 所示的“气弹簧”装配体模型工程图。

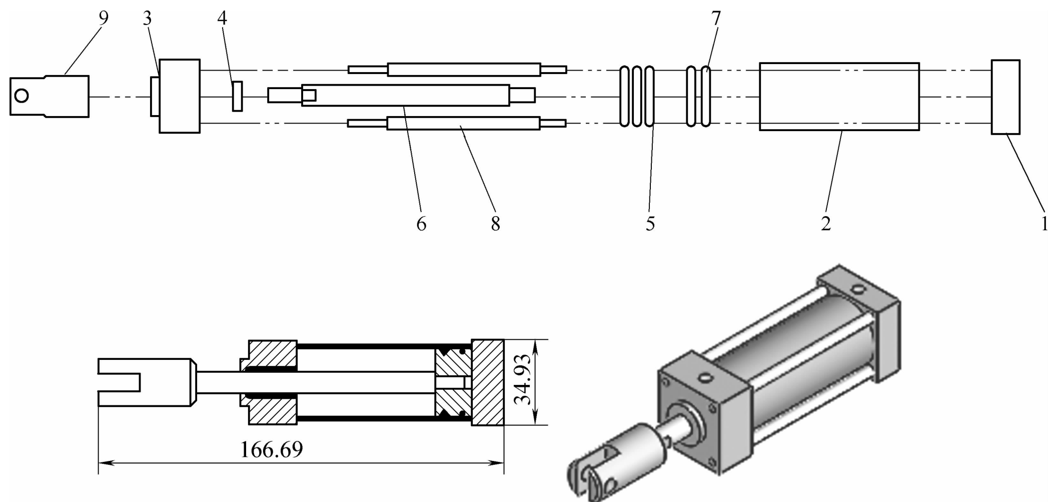


图 6-54 气弹簧

项目号	零件号	SW-配置名称	数量
1	tall cap	1.12 borb	1
2	Tube	1.12 b 2.00 st	1
3	hazd cap	1.12 borb	1
4	V-SBal	375 rod	1
5	plston	1.12 borb	1
6	rod	1.12 rod 2.00 st	1
7	O－rlng	1.12 borb	2
8	tlB rod	2.00 st	4
9	rod clavis	O fault	1

图 6-55 材料明细表

第 7 章　渲　　染

【学习目标】

- 学会用渲染工具做简单的产品效果图
- 了解 RealView 工具和环境封闭
- 使用场景、贴图和灯光
- 设置相机
- 结合运动模块做动画渲染

7.1　概述

无论在产品设计初期还是最终产品，优美的产品效果图会对企业决策者或客户的选择起到重要影响。它决定了产品的吸引力和专业化程度。你能想象一份粗糙的产品包装或图册会给客户什么样的感受？在市场推广活动中，视觉占重要地位，学习和使用渲染工具显得非常必要。

7.2　SolidWorks 中的相关工具

7.2.1　RealView 和环境封闭

在 SolidWorks 中，如果图形显卡支持，软件会自动添加 RealView 开关，即所谓“小金球”，并默认打开此功能，能在不需要渲染的情况下，为模型提供逼真而又动态的展现，如图 7-1 所示。

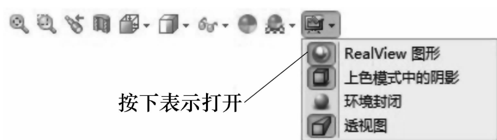


图 7-1　打开 RealView

环境封闭是一种球形光源方法，通过控制由于封闭区域导致的环境光衰减，使模型更加逼真。图 7-2 ~ 图 7-4 所示是三种不同的显示效果，注意这三种效果表现在 SolidWorks 的视图环境中。

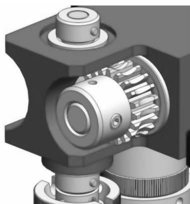


图 7-2　效果（一）

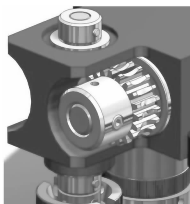


图 7-3　效果（二）



图 7-4　效果（三）

7.2.2　PhotoView360

更加逼真的显示和输出需要 SolidWorks 中的插件 PhotoView360，通过它可以添加不同的布景、光源、外观贴图、相机视角等。

1. 打开 PhotoView360

单击【菜单】/工具【插件】，勾选 PhotoView 360，如图 7-5 所示。

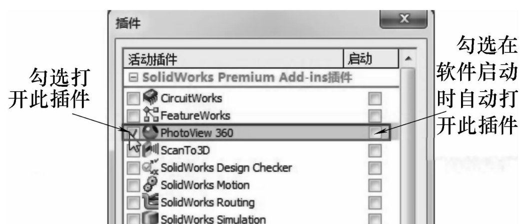


图 7-5　勾选 PhotoView 360

2. PhotoView360 对话框

“PhotoView360” 对话框中包括工具条、DisplayManager、前导视图工具栏，外观、布景、贴图任务窗格，关联命令，显示窗格，如图 7-6 所示。



图 7-6　“PhotoView 360”对话框

3. 操作流程

1）打开 PhotoView 360 插件。

2）开启预览或者打开预览窗口查看效果。

3）编辑外观、布景以及贴图。

4）编辑光源。

5）编辑 PhotoView 选项。

6）最终渲染，保存图像。

7.3　实例　渲染台灯

步骤 1　打开本章实例模型“台灯”装配体（图 7-7）

步骤 2　查看外观、布景和灯光

在 SolidWorks 的视图窗口中可以看到默认的实体显示效果，导入文件为白色，自建零部件为灰色。

先打开 DisplayManager，单击按扭，查看外观（图 7-8），每个零件都默认设置为白色的外观。

右击选择这几种白色外观，选择移除外观。



图 7-7 “台灯”装配体



图 7-8 查看外观

打开前导视图工具栏中的布景按钮（图 7-9），可以看到软件自带的各种布景，默认的是“三点渐褪”。切换不同的布景，查看 DisplayManager 中的布景、光源与相机中的变化（图 7-10），在软件图形区域也有不同的显示效果。

步骤 3 编辑和添加外观

回到 FeatureManager 设计树，打开显示窗格按钮，第三个图标是外观。这一列对应的是零部件级的外观。可以在此处单击，设置某个零部件的外观。



图 7-9 布景



图 7-10 布景、光源与相机

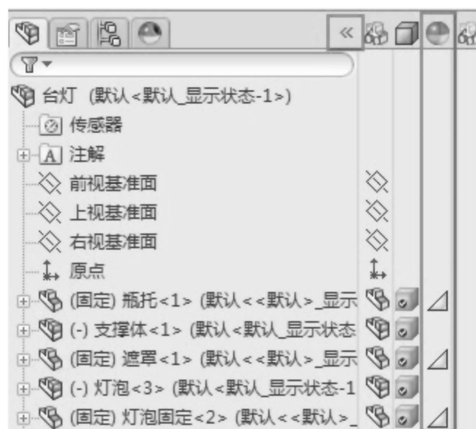


图 7-11 在设计树中查看外观

单击第一个零件“瓶托”右边的按钮，选择外观，打开颜色属性，如图 7-11 所示。所选几何体已经自动填入，应用到零部件层表示显示属性只添加到装配体中，应用到零部件文档层表示会把显示属性派生到零部件文件中去。【颜色】属性框（图 7-12）可以赋予用户需要的颜色。使用高级选项可以添加更多的功能，如照明、粗糙度等（图 7-13）。这里不采

用这种方式添加外观，单击按钮✖退出设置，并关闭窗格按钮。

提示 如对高级功能不够了解，可以打开【动态帮助】，会有不同的提示以辅助选择更适宜的值。



图 7-12 添加颜色



图 7-13 高级选项参数设置

单击 DisplayManager 中的按钮，切换回外观。打开外观、布景、贴图任务窗格下的外观，依次打开【外观】/石材【粗陶瓷】，按住左键拖拽此文件夹下的“瓷器”到软件图形区域下的瓶身，会弹出关联工具供选择目标，选中第四个“零件级”，将外观赋予到瓶体（图 7-14）。


注意 第二个图标会根据用户拖拽到的目标特征不同而不同；选项依次为面、特征、实体、零件、部件。优先级为部件、曲面最高。

在 DisplayManager 中的外观下，看到零件瓶托已更改为瓷器，不只是颜色，包括高级选项下的照明度、表面粗糙度等也已设置好了。

采用同样的方法，设置其他外观，将无光黄铜拖拽到设计树中的支撑体部件（图 7-15）。

将无光黄铜拖拽到软件图形区域下的零件“遮罩”中上下两个铜圈，选择实体（图 7-16）。

将无光黄铜拖拽到软件图形区域下的零件“瓶托”上部，选择面（图 7-17）。

将无光黄铜拖拽到软件图形区域下的零件“灯泡固定”上，选择零件（图 7-18）。

将无光金拖拽到软件图形区域下的零件“灯座”上，选择零件（图 7-19）。



图 7-14 添加瓷器外观



图 7-15　添加无光黄铜外观到支撑体

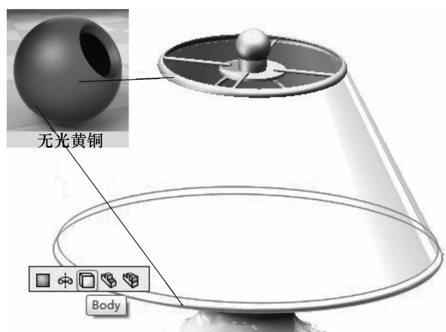


图 7-16　添加无光黄铜外观到铜圈



图 7-17　添加无光黄铜外观到瓶托



图 7-18　添加无光黄铜外观到灯泡固定

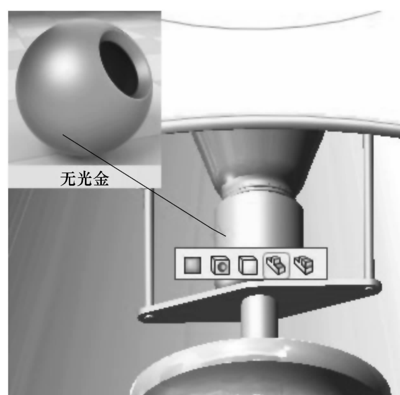


图 7-19　添加无光金外观到灯座

将无光金拖拽到软件图形区域下的零件“瓶托”的四个外旋转面上，选择面（图7-20）。

将【塑料】/高光泽【黑色高光泽塑料】拖拽到软件图形区域下的零件“瓶托”的三个较大的外旋转面上，选择面（图7-21）。

将【玻璃】/光泽【透明玻璃】拖拽到软件图形区域下的零件“灯泡体”上，选择零件（图7-22）。



图7-20　添加无光金外观到瓶托外旋转面



图7-21　添加黑色高光泽塑料外观

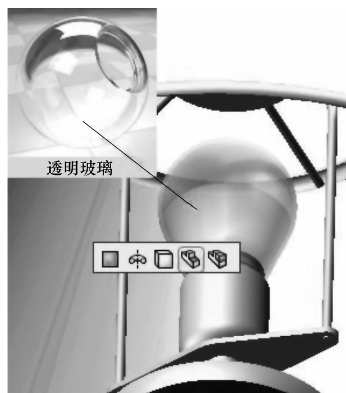


图7-22　添加透明玻璃外观

步骤4　添加贴图

由于在装配体环境下只能对零部件进行贴图，要进入零件编辑状态才能对“面”贴图。打开“遮罩”零件，单击外观、布景、贴图任务窗格，选择贴图文件夹，单击按钮添加文件夹，打开“实例”\“台灯贴图”文件夹，将其添加。

单击“台灯贴图”文件夹，选择“遮罩贴图”，右击选择【将贴图添加到零件】，选择视图窗口中的台灯遮罩的中间曲面（图7-23）。



图7-23　添加贴图文件夹

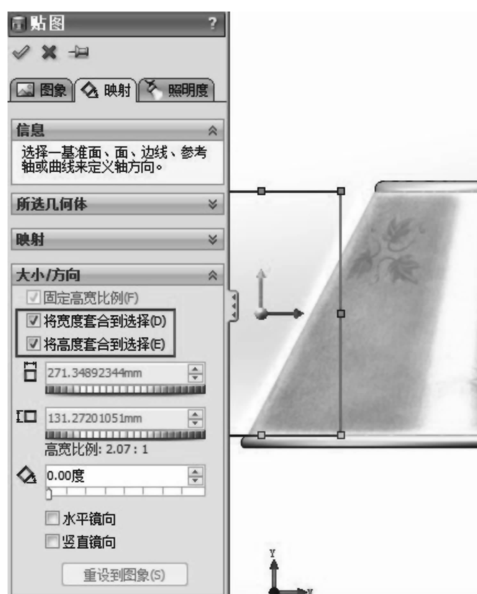


图7-24　设置贴图参数

DisplayManager属性设置将自动激活，切换到【映射】选项卡，勾选【大小/方向】中的【将宽度套合到选择】和【将高度套合到选择】（图7-24），确定后保存并回到装配体。

同样地，打开“瓶托”零件，将“瓶身贴图”添加到中间较大的旋转曲面并激活两个套合选项，确定保存后回到装配体，效果如图7-25所示。

步骤5　设置布景

单击前导视图工具栏中的【布景】按钮，选择喜欢的一种布景，在这里选择“背景-工作间”。单击DisplayManager中的【查看布景、光源与相机】按钮，布景中的背景和环境已经根据刚才的选择完成，可以做进一步编辑修改。



图7-25　外观效果



图7-26　添加点光

步骤6　添加光源

查看光源文件夹，布景照明度和环境光源是布景提供的逼真光源，该光源通常足够进行渲染。这里需要添加一个点光源来实现灯泡的发光效果。

使用前导视图工具栏中的剖面视图，选择前视图并确定。按组合键〈Ctrl+1〉，调整为前视图。

如图7-26所示，右击光源文件夹，选择“添加点光源”。如图7-27用鼠标拖动图形区域中的红点到灯泡中心位置。

按组合键〈Ctrl+5〉调整为上视图。在点光源的设定中，将“光源位置”中的X和Z坐标修改为0（图7-28）。

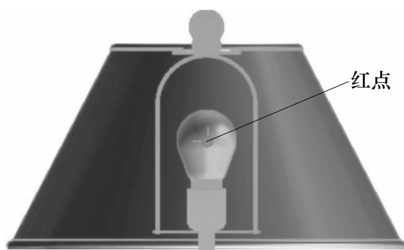


图7-27　放置红点

确定后，单击按钮退出剖视图显示。右击DisplayManager中刚才创建的点光源，在弹出的快捷菜单中选择【在PhotoView中打开】，确保点光源前面显示，这样点光源会在最终渲染中使用。

步骤7　预览效果

在图形区域的显示效果并非最后的渲染，但在最终渲染之前要预览，以改进设置达到更

好的视觉效果。在 PhotoView 中有两种方式，一种是在图形区域直接渲染-整合渲染，一种是在独立窗口渲染-预览窗口。推荐用第二种，更为节省资源，方便修改操作。

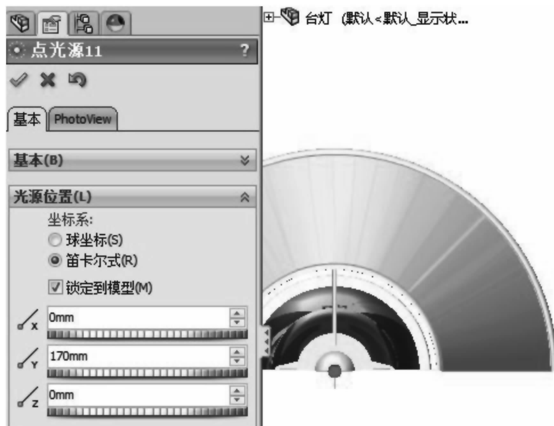


图 7-28　设置点光源参数

缩放图形窗口模型到合适大小，然后单击预览窗口按钮进行渲染，观察结果。

根据喜好在外观、贴图、布景和光源等方面做调整，满意后即为最终渲染。

步骤 8　最终渲染和输出

单击渲染工具中的最终渲染按钮，等一段时间之后，会在图像区域显示最终效果（图 7-29），不满意时可以继续调整。可以在 0 ~ 9 中切换，查看渲染完成的最后 10 个历史结果，单击【保存图像】将结果输出为需要的图形格式。



图 7-29　10 个渲染结果

7.4　课后小结

本章介绍了如何添加布景、外观和贴图，如何预览和最终渲染输出，通过本实例，可掌握 PhotoView360 渲染工具的使用方法。

7.5　探讨

读者课后可以尝试减小环境亮度，将灯光修改为暖色调（例如昏黄），增加遮罩的透明度和粗糙度以获取更好的结果。

7.6　课后练习

练习 1

打开本章“练习 1”文件夹下的“风扇叶轮”文件，做出如图 7-30 所示渲染效果。

练习 2

打开本章“练习 2”文件夹下的“字体”文件，做出图 7-31 所示渲染效果。



提示　字体采用“发光二极管”，平台采用“黑色中等光泽塑料”。红色字体做了照明度调整。

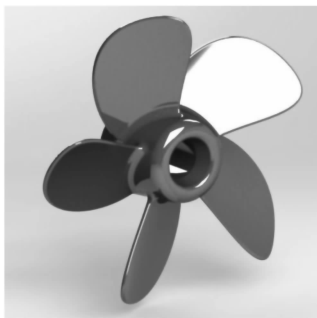


图 7-30　风扇叶轮



图 7-31　字体

练习 3

打开本章“练习 3”文件夹下的“工具刀”文件，做出图 7-32 所示渲染效果。



图 7-32　工具刀

第 8 章　参数化设计基础

【学习目标】

- 了解配置的概念
- 使用手动添加配置
- 使用系列零件设计表添加配置
- 学会如何修改配置信息
- 学会使用配置来创建模型

8.1　概述

参数化设计就是将模型中的定量信息变量化，使之成为任意调整的参数。对变量化参数赋予不同的数值，就可得到不同大小和形状的零件模型。

SolidWorks 是典型的参数化设计软件，参数化功能非常强大，并且实现方法多种多样。在 SolidWorks 中，用于创建特征的尺寸与几何关系，可以被记录并保存于设计模型中。这不仅可以使模型能够充分地体现设计者的设计意图，而且使设计者能够快速简单地修改模型，以及进行参数化管理。

8.2　配置

配置让用户可以在单一的文件中对零件或装配体生成多个设计变化。配置提供了简便的方法来开发与管理一组有着不同尺寸、零部件或其他参数的模型。

1）在零件文档中，配置可以生成具有不同尺寸、特征和属性（包括自定义属性）的系列零件，如图 8-1 所示。



图 8-1　系列零件

2）在装配体文档中，配置可以通过压缩零部件生成简化设计，如图 8-2 所示。

3）使用不同的零部件配置、不同的装配体特征参数或不同的尺寸，可以配置特定的自定义属性的装配体系列，如图 8-3 所示。

8.2.1　手动添加零件配置

建立如图 8-4 所示套筒扳手模型，并创建图 8-5 所示配置。

已知：$A=24$，$B=16.7$，$C=3.65$（圆角半径），$D=11$，$E=7$，未注倒角为 $C0.5$。
材料：1060 铝合金。
密度：2700 kg/m^3。
单位系统：MMGS。
小数位数：2。

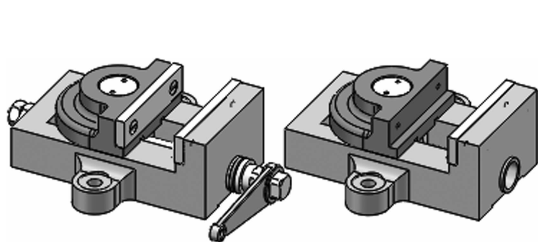


图 8-2　压缩零部件生成简化设计



图 8-3　自定义属性的装配体系列

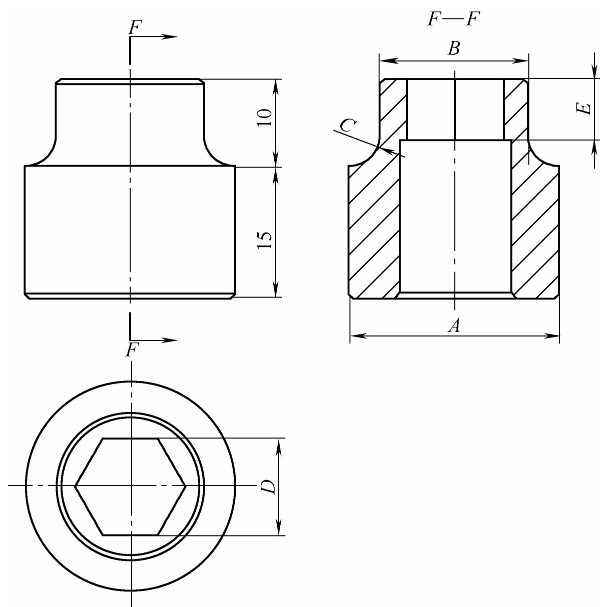


图 8-4　套筒扳手模型

修改配置(M)

配置名称	草图1	草图2	圆角1	草图3	切除-拉伸1
	D1	D1	D1	D1	D1
A	24.00mm	16.70mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
B	24.00mm	18.00mm	3.00mm	12.00mm	8.00mm
C	24.00mm	19.20mm	2.40mm	13.00mm	8.00mm
D	24.00mm	20.50mm	1.75mm	14.00mm	10.00mm
E	24.00mm	21.70mm	1.15mm	15.00mm	10.00mm
<生成新配置。>					

<输入名称>　确定(O)　取消(C)　应用(A)　帮助(H)

图 8-5　套筒扳手的配置

步骤 1　新建文件

使用模板“gb_ part”新建一个零件，并设置单位系统为【MMGS】。

步骤 2　绘制“草图 1”

选择【前视基准面】为草图平面，绘制一个圆心在原点且直径为 24mm 的圆。

步骤 3　保存并退出草图

步骤 4　拉伸凸台

单击特征栏中的【拉伸凸台/基体】，拉伸“草图 1”轮廓，设置【终止条件】为【给定深度】，【拉伸深度】为 15mm。编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 5　绘制“草图 2”

选择拉伸实体的一个平面作为草图平面，绘制一个圆心在原点且直径为 16. 70mm 的圆，如图 8-6 所示。绘制完成后单击保存并退出草图。

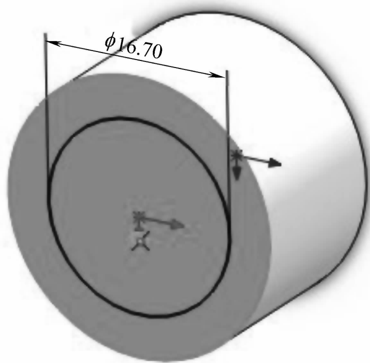


图 8-6　绘制草图 2

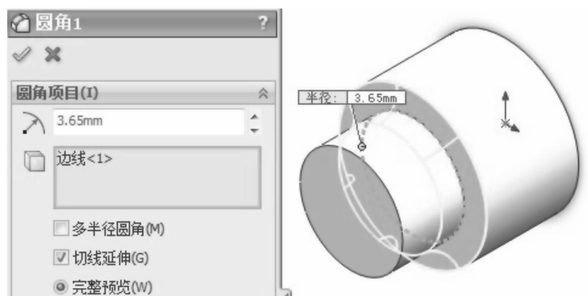


图 8-7　设置【圆角 1】参数

步骤 6　拉伸凸台

单击特征栏中的【拉伸凸台/基体】，拉伸“草图 2”轮廓，设置【终止条件】为【给定深度】，【拉伸深度】为 10mm，勾选【合并结果】选项。编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 7　添加“圆角 1”

激活【圆角】，在其属性框中选择【手工】，圆角类型选择【等半径】，设置【圆角半径】为 3. 65mm，并选择图 8-7 所示边线。编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 8　绘制“草图 3”

选择图 8-8 所示模型表面作为草图平面，绘制一个中心点在原点且边长为 11mm 的正六边形，对其中一条边添加【水平】几何关系。绘制完成后单击保存并退出草图。

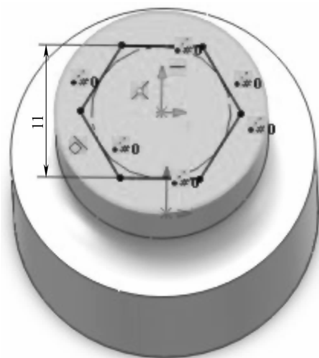


图 8-8　绘制“草图 3”

步骤 9　拉伸切除“草图 3”

激活特征工具栏中的【拉伸切除】，并选择“草图 3”作为拉伸轮廓，设置【终止条件】为【给定深度】，【拉伸深度】为 7mm。编辑完成后单击按钮✓退出。



拉伸方向。

步骤 10　绘制“草图 4”

选择图 8-9 所示模型表面作为草图平面，并绘制一个中心在原点的无边形，使用【智能尺寸】标注内切圆直径为 15mm，并为一根直线边添加【水平】几何关系，如图 8-10 所示。绘制完成后单击保存并退出草图。

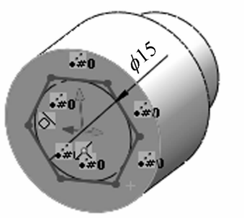


图 8-9　绘制“草图 4”

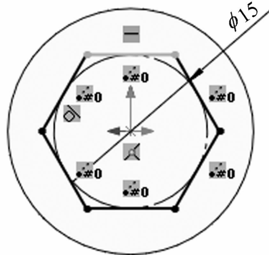


图 8-10　添加【水平】几何关系

步骤 11　拉伸切除“草图 4”

激活特征工具栏中的【拉伸切除】，并选择“草图 4”作为拉伸轮廓，设置【终止条件】为【给定深度】，深度值为 12mm，如图 8-11 所示的平面作为终止面。编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 12　添加“倒角 1”

激活【倒角】，在其属性框中选择倒角类型为【角度距离】，设置【距离】为 0.5mm、【角度】为 45 度，其他设置为默认，选择图 8-12 所示的 3 条边线为需要倒角的边线。编辑完成后单击按钮✓退出。



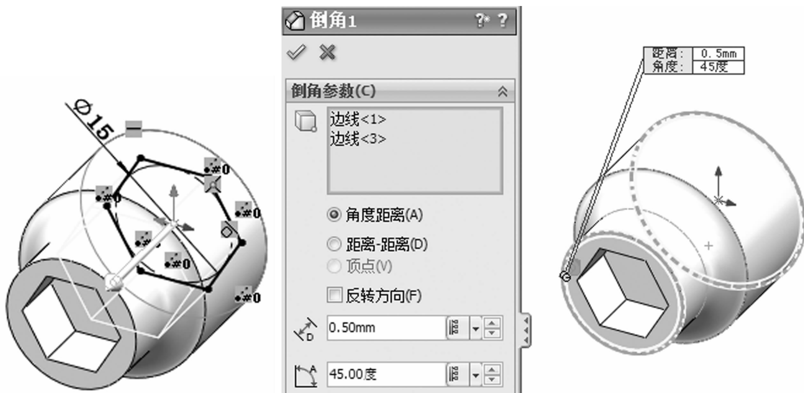


图 8-12　设置倒角参数

图 8-11　设置【切除-拉伸 2】参数

步骤 13　激活【ConfigurationManager】设计树

【ConfigurationManager】和【FeatureManager】设计树在同一个工具栏中，可以通过单击命令管理工具栏窗口中的按钮来切换窗口的显示内容。

单击按钮激活【ConfigurationManager】设计树，窗口中会显示带有默认配置列表的【ConfigurationManager】，如图 8-13 所示。

步骤 14　修改默认属性

右击【默认［套筒扳手］】，选择【属性】，如图 8-14 所示。在其属性框中将【配置名称】和【说明】的内容改成大写英文字母 A，如图 8-15 所示。编辑完成后单击按钮✓退出。

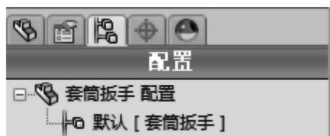


图 8-13 【ConfigurationManager】设计树

步骤 15　显示尺寸名称

在 SolidWorks 中，每个草图尺寸都有一个独立无二的名称，其名称格式为“Dx@ 草图 n”。默认设置下尺寸名称是被隐藏的，单击菜单栏中【视图】/【尺寸名称】显示尺寸名称，再次单击可将其隐藏。



图 8-14　打开【默认】配置的属性



图 8-15　修改配置名称及说明

步骤 16　显示特征尺寸

打开【Instant3D】命令，并在设计树中右击【注解】文件夹，选择【显示特征尺寸】，则尺寸将会在模型界面显示出来，如图 8-16 所示。

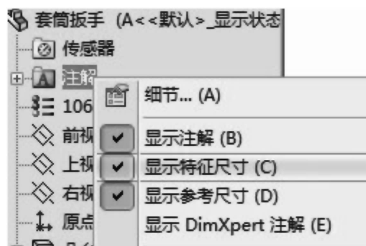


图 8-16　显示特征尺寸

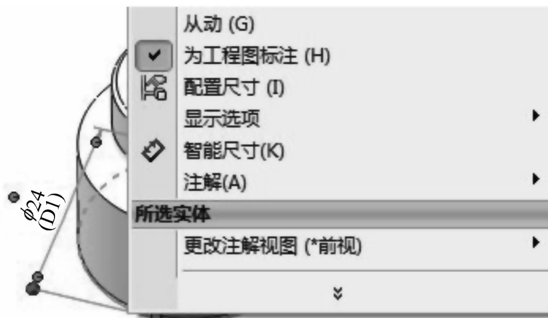


图 8-17　选择【配置尺寸】

步骤 17　添加新配置

右击“草图 1”中尺寸“ϕ24”，并选择【配置尺寸】（见图 8-17），弹出图 8-18 所示【修改配置】对话框。双击对话框中的文字“生成新配置”，并输入大写英文字母 B，然后按〈Enter〉键。重复这一步骤，分别在下面的行中输入 C、D、E，如图 8-19 所示。



配置名称	草图1
	D1
A	24.00mm
< 生成新配置。 >	

图 8-18　【修改配置】对话框



配置名称	草图1
	D1
A	24.00mm
B	24.00mm
C	24.00mm
D	24.00mm
E	24.00mm
< 生成新配置。 >	

图 8-19　添加“草图 1”配置

步骤 18　添加“草图 4”尺寸

双击“草图 4”中的“D1”尺寸（见图 8-20），将其添加到【修改配置】对话框中，如图 8-21 所示。

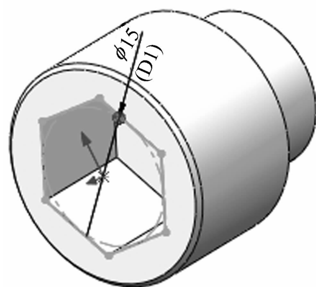


图 8-20　双击“草图 4”尺寸



配置名称	草图1	草图4
	D1	D1
A	24.00mm	15.00mm
B	24.00mm	15.00mm
C	24.00mm	15.00mm
D	24.00mm	15.00mm
E	24.00mm	15.00mm
< 生成新配置。 >		

图 8-21　添加“草图 4”尺寸

步骤 19　添加“圆角 1”尺寸

双击“圆角 1”中的“D1”尺寸（见图 8-22），将其添加到【修改配置】对话框中，如图 8-23 所示。

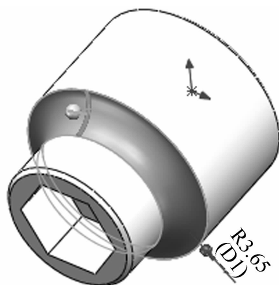


图 8-22　双击“圆角 1”尺寸

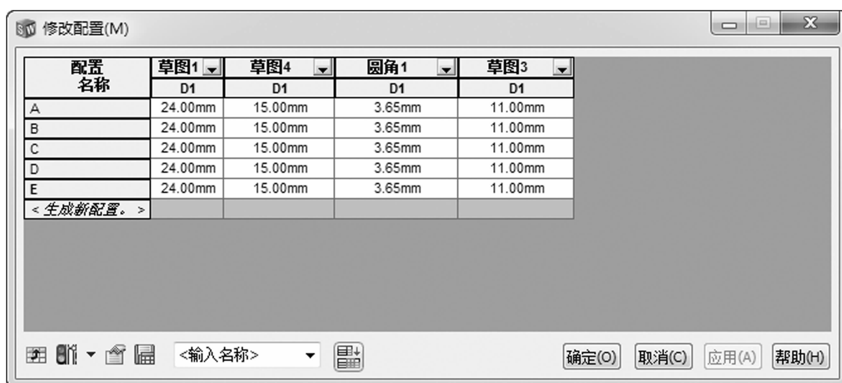


配置名称	草图1	草图4	圆角1
	D1	D1	D1
A	24.00mm	15.00mm	3.65mm
B	24.00mm	15.00mm	3.65mm
C	24.00mm	15.00mm	3.65mm
D	24.00mm	15.00mm	3.65mm
E	24.00mm	15.00mm	3.65mm
< 生成新配置。 >			

图 8-23　添加“圆角 1”尺寸

步骤 20　添加“草图 3”尺寸

双击“草图 3”中的“D1”尺寸，将其添加到【修改配置】对话框中，如图 8-24 所示。

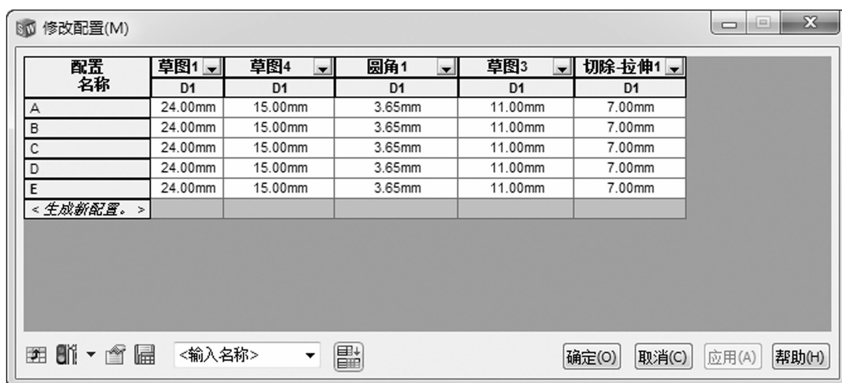


配置名称	草图1	草图4	圆角1	草图3
	D1	D1	D1	D1
A	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm
B	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm
C	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm
D	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm
E	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm
<生成新配置。>				

图 8-24　添加“草图 3”尺寸

步骤 21　添加“切除-拉伸 1”尺寸

双击“切除-拉伸 1”中的“D1”尺寸，将其添加到对话框中，如图 8-25 所示。

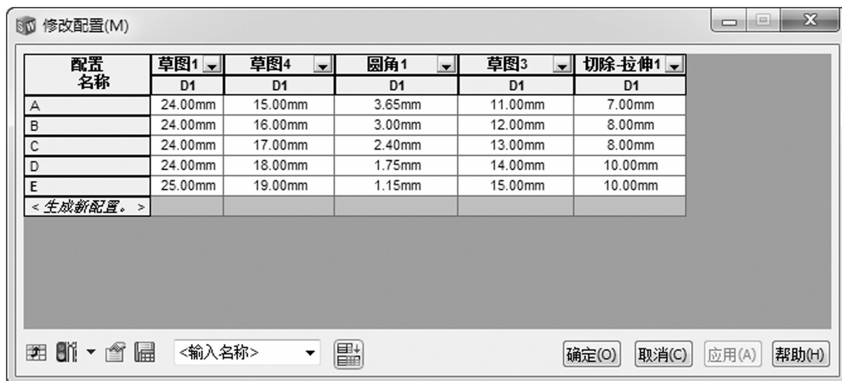


配置名称	草图1	草图4	圆角1	草图3	切除-拉伸1
	D1	D1	D1	D1	D1
A	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
B	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
C	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
D	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
E	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
<生成新配置。>					

图 8-25　添加“切除-拉伸 1”尺寸

步骤 22　修改尺寸

按照图 8-26 所示的尺寸对【修改配置】对话框内的尺寸进行修改。



配置名称	草图1	草图4	圆角1	草图3	切除-拉伸1
	D1	D1	D1	D1	D1
A	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
B	24.00mm	16.00mm	3.00mm	12.00mm	8.00mm
C	24.00mm	17.00mm	2.40mm	13.00mm	8.00mm
D	24.00mm	18.00mm	1.75mm	14.00mm	10.00mm
E	25.00mm	19.00mm	1.15mm	15.00mm	10.00mm
<生成新配置。>					

图 8-26　修改不同配置的尺寸值

步骤 23　保存表格

在【输入名称】中输入“规格”，然后单击【保存】按钮，如图 8-27 所示。编辑完成后单击【确定】按钮退出修改配置操作。



配置名称	草图1	草图4	圆角1	草图3	切除-拉伸1
	D1	D1	D1	D1	D1
A	24.00mm	15.00mm	3.65mm	11.00mm	7.00mm
B	24.00mm	16.00mm	3.00mm	12.00mm	8.00mm
C	24.00mm	17.00mm	2.40mm	13.00mm	8.00mm
D	24.00mm	18.00mm	1.75mm	14.00mm	10.00mm
E	25.00mm	19.00mm	1.15mm	15.00mm	10.00mm
<生成新配置。>					

图 8-27　输入名称并保存表格

步骤 24　查看表格和配置

在命令管理工具栏窗口中单击【配置】按钮，将预览图 8-28 所示添加好的配置。


提示　可以通过双击来激活查看配置。

步骤 25　显示表格

右击图 8-28 中【规格】表格并选择【显示表格】，将会显示图 8-27 所示的修改配置对话框。


提示　可以通过显示此对话框进行整体配置尺寸修改。

步骤 26　编辑材料

指定材料为“1060 铝合金”。

步骤 27　保存并关闭零件

保存并关闭模型，命名为“套筒扳手”。



图 8-28　预览添加好的配置

8.2.2　自动添加零件配置

建立如图 8-29 所示名为“Wrench”的模型，并使用“系列零件设计表”创建图 8-30 所示配置。

已知：$A=80$，$B=12$，$C=10$，$D=8$，$E=10$（半径），$F=9$（半径），$G=5$，未注圆角 $R1$，未注倒角 $C1$。

材料：1060 铝合金。

密度：2700 kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。


提示　此章需要 Microsoft Excel 软件支持。

图 8-29 “Wrench”的模型

步骤 1 创建“凸台-拉伸 1”特征

单击特征工具栏中的【拉伸凸台/基体】，选择【上视基准面】作为草图平面，绘制图 8-31 所示草图，编辑完成后保存并退出草图。在【凸台-拉伸 1】属性框中设置【终止条件】为【两侧对称】，【深度】为 5mm。编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 2 创建“倒角 1”

单击特征工具栏中的【倒角】，并选择所有正六边形的边线（共 24 根），设置【距离】为 1.00mm，【角度】为 45.00 度，如图 8-32 所示。编辑完成后单击按钮✓退出。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	系列零件设计表是为： Wrench							
2		D2@草图1	D3@草图1	D1@草图1	D4@草图1	D5@草图1	D6@草图1	D1@凸台-拉伸1
3	默认	10	80	12	10	8	9	5
4	Size1	14	100	16	14	8	12	5
5	Size2	18	120	20	16	8	15	7
6	Size3	22	140	24	20	10	20	7
7	Size4	26	160	28	24	10	22	9
8	Size5	30	180	32	28	10	25	9

图 8-30 系列零件设计表

图 8-31 绘制草图

图 8-32 选择倒角边线

步骤 3 创建“圆角 1”

单击特征工具栏中的【圆角】，选择【FilletXpert】圆角专家，在【圆角项目】中任意

选择一条模型边线（此时不要移动光标，如图 8-33 所示），在弹出的关联工具栏中选择【相连，11 边线】按钮，如图 8-34 所示，设置【半径】为 1mm。编辑完成后单击按钮✔退出。



图 8-33　选择其中一条边线

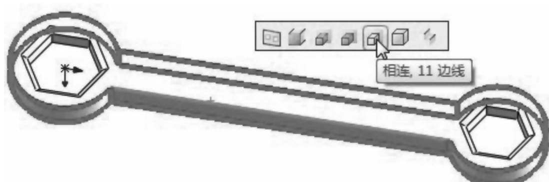


图 8-34　选择【相连，11 边线】

步骤 4　绘制“草图 2”

选择【上视基准面】作为草图平面创建一个新的草图，并绘制图 8-35 所示两根构造线，绘制完成后单击草图工具栏中的【文字】，输入文字“SolidWorks”，并按图 8-36 所示设置【草图文字】属性框。在属性框中取消勾选【使用文档字体】，单击打开【字体】，在【选择字体】对话框中设置字体为“汉仪长仿宋体、常规、四号”，间距为“1. 50mm”，完成操作后单击【确定】按钮退出对话框。文字属性编辑完成后单击按钮✔保存并退出草图。

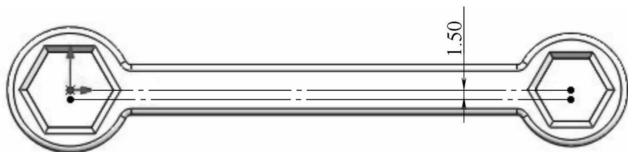


图 8-35　绘制“草图”

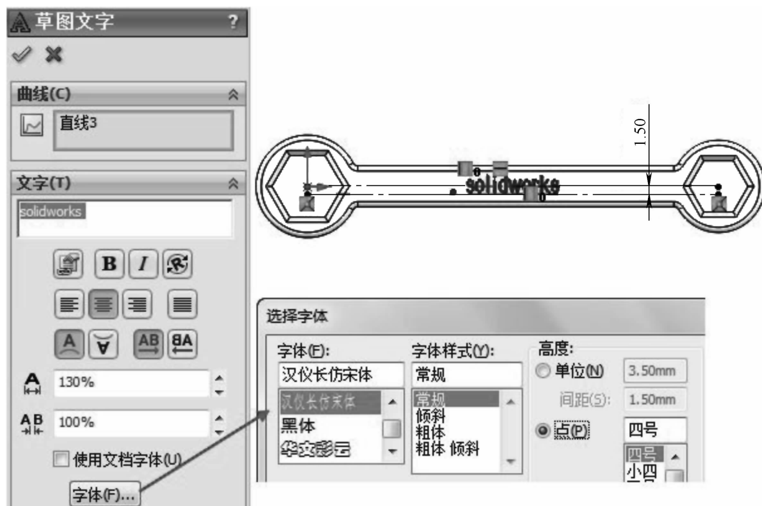


图 8-36　设置文字属性

步骤 5　创建“包覆 1”

单击菜单栏中的【插入】/【特征】/【包覆】，并按图 8-37 所示设置【包覆 1】属性

框，编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 6　插入设计表

单击菜单栏中的【插入】/【表格】/【设计表】，选择默认设置（见图 8-38），编辑完成后单击按钮✓。



图 8-37　设置【包覆 1】属性框



图 8-38　设置【系列零件设计表】

步骤 7　添加尺寸

上一步骤完成后弹出【尺寸】对话框，按住〈Ctrl〉键同时选择图 8-39 所示的 6 个尺寸，选择完成后单击【确定】按钮。



图 8-39　选择要添加的尺寸

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	系列零件设计表是为： Wrench							
2		D2@草图1	D3@草图1	D1@草图1	D4@草图1	D5@草图1	D6@草图1	
3	默认	普通	普通	普通	普通	普通	普通	
4								

Sheet1

图 8-40　添加完成预览

步骤 8　退出表格编辑

尺寸选择完成后单击【确定】按钮，弹出一个表格，表格中包含了刚才所添加的尺寸参数，如图 8-40 所示。在图形界面任意空白处单击，退出表格编辑。

步骤 9　打开表格

在命令管理工具栏中，右击【系列零件设计表】选择【在单独窗口中编辑表格】（见图 8-41），弹出【添加行和列】对话框，这里我们不需要添加，直接单击【确定】按钮。此时将会出现一个“Excel”表格。

步骤 10　编辑 Excel 表格文字

在 Excel 表格中，右击最左上角单元格，选择【设置单元格格式】，在弹出的【设置单元格格式】对话框中选择【常规】后单击【确定】按钮退出，如图 8-42 所示。此时会发现，表格中所有的尺寸文字全变回了数字。

步骤 11　在 Excel 表格中添加尺寸“G”

在创建系列零件设计表时，有一个“G”尺寸没有被添加进来。下面将介绍如何添加尺寸到表格中，在操作之前，先打开特征工具栏中的【Instant3D】按钮。为了方便操作，关闭现有的表格，再次右击【ConfigurationManager】下面的【系列零件设计表】，选择【编辑表格】。表格打开后，首先选中 Excel 表中的【H2】空白单元格（“G”尺寸将被添加到此单元格中）。然后，打开设计树，并单击【凸台-拉伸 1】，接着在图形界面双击尺寸“G”，如图 8-43 所示，尺寸“G”将被添加到【H2】单元格中。添加完成后退出表格。



图 8-41　选择【在单独窗口中编辑表格】



图 8-42　【设置单元格格式】对话框

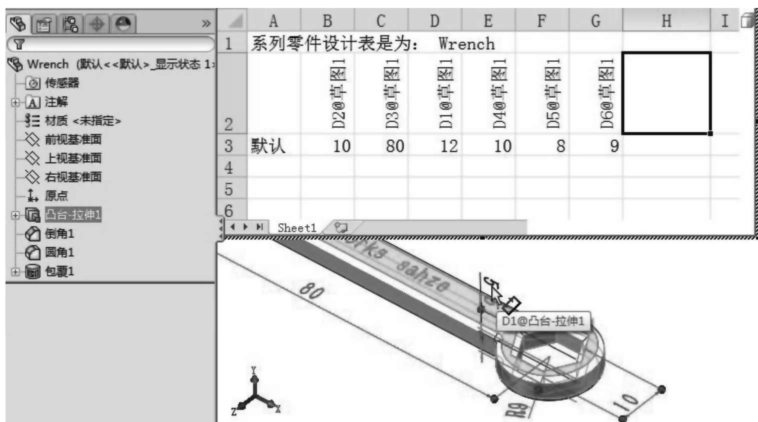


图 8-43　添加尺寸“G”到表格中

步骤 12　在 Excel 表格中添加更多配置

尺寸添加完成后，再次使用【在单独窗口中编辑表格】，并按图 8-44 所示添加表格内容。添加完成后保存表格并关闭。

步骤 13　完成配置添加

表格关闭以后弹出一个 SolidWorks 提示框，如图 8-45 所示。此提示框将提示已经添加了相关配置。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	系列零件设计表是为: Wrench							
2		D2@草图1	D3@草图1	D1@草图1	D4@草图1	D5@草图1	D6@草图1	D1@凸台-拉伸1
3	默认	10	80	12	10	8	9	5
4	Size1	14	100	16	14	8	12	5
5	Size2	18	120	20	16	8	15	7
6	Size3	22	140	24	20	10	20	7
7	Size4	26	160	28	24	10	22	9
8	Size5	30	180	32	28	10	25	9

图 8-44　添加更多配置

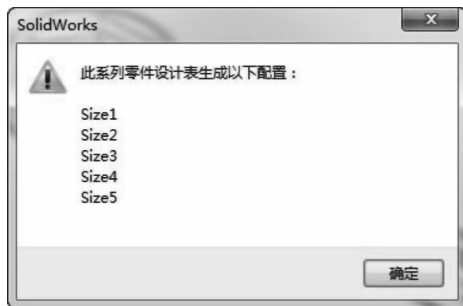


图 8-45　SolidWorks 提示框



图 8-46　查看配置

步骤 14　查看配置

打开【ConfigurationManager】，在配置命令管理器中可以查看添加好的配置，如图 8-46 所示。通过双击这些配置名称，或右击选择【显示配置】查看模型的变化。

步骤 15　编辑材料

指定材料为 1060 铝合金。

步骤 16　保存并关闭零件

保存并关闭模型，命名为“Wrench”。

8.3　课后小结

本章主要介绍了如何使用配置来进行参数化建模，通过手动添加和系列零件设计表自动添加，使学生了解参数化建模的基本步骤和方法。

8.4　课后练习

练习 1

打开名为“Axis”的零件（见图 8-47），并使用系列零件设计表创建如图 8-48 所示的配置。

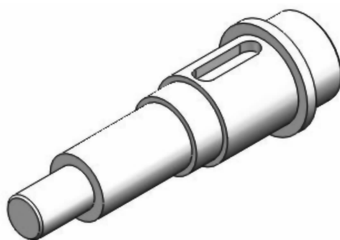
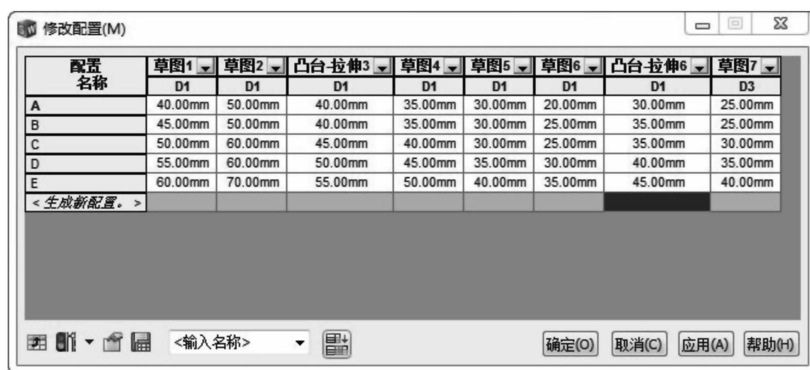


图 8-47　零件“Axis”



配置名称	草图1	草图2	凸台-拉伸3	草图4	草图5	草图6	凸台-拉伸6	草图7
	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D3
A	40.00mm	50.00mm	40.00mm	35.00mm	30.00mm	20.00mm	30.00mm	25.00mm
B	45.00mm	50.00mm	40.00mm	35.00mm	30.00mm	25.00mm	35.00mm	25.00mm
C	50.00mm	60.00mm	45.00mm	40.00mm	30.00mm	25.00mm	35.00mm	30.00mm
D	55.00mm	60.00mm	50.00mm	45.00mm	35.00mm	30.00mm	40.00mm	35.00mm
E	60.00mm	70.00mm	55.00mm	50.00mm	40.00mm	35.00mm	45.00mm	40.00mm
<生成新配置。>								

图 8-48　配置

练习 2

打开名为“Wineglass”的零件（见图 8-49），并使用系列零件设计表创建如图 8-50 所示的配置。



图 8-49　零件“Wineglass”

系列零件设计表是为：　Wineglass

	D1@草图1	D3@草图1	D4@草图1	D9@草图1	D2@草图1
Size1	140	35	50	25	35
Size2	155	35	50	35	45
Size3	165	30	70	35	35
Size4	200	45	100	35	35
Size5	140	35	50	50	35

图 8-50　配置

第 9 章　3D 草图

【学习目标】

- 了解 3D 草图的概念
- 绘制 3D 草图
- 使用 3D 草图创建模型
- 利用 3D 草图进行焊件建模

9.1　概述

在实际的设计过程中，我们可能会碰到一些复杂的模型，当一般的 2D 草图不能方便或有效率地完成设计的时候，使用 3D 草图会十分有用。

3D 草图中的实体不同于惯用的 2D 草图中的实体，这才使得 3D 草图在某些应用如扫描、放样和焊件中十分有用，但绘制起来比较困难。

9.2　使用 3D 草图

9.2.1　使用基准面

使用基准参考平面进行 3D 草图绘制，允许用户在三维空间中绘制草图，并可在已有的标准基准面之间切换。在三维空间中绘制草图，默认情况下使用模型中的默认坐标系统绘制草图，如果想切换到另外两个系统默认的基准面，则可以在草图工具被激活时按住〈Tap〉键，这样就会显示当前草图平面的原点。若要切换至标准基准面之外的一个参考基准面，可以按住〈Ctrl〉键，再单击参考基准面。

9.2.2　草图实体和几何关系

相对于 2D 草图而言，3D 草图中少了很多可用的实体和草图几何关系。但是，有一些几何关系，如【平行 YZ】、【平行 ZX】、【沿 Z】等，只能在 3D 草图中应用。

9.2.3　空间控标

当使用 3D 草图在几个基准面上绘图时，会有一个图形化的辅助工具来帮助保持方向，称为“空间控标”。在所选基准面上定义直线或样条曲线的第一个点时，空间控标就会出现，在使用空间控标时，可以选择要用来绘制草图的轴线。

9.3　实例

9.3.1　实例 1　3D 管道

建立如图 9-1 所示的“3D 管道”的模型。

已知：长边 =9mm，短边 =5.5mm，所有圆角为 1.5mm。

材料：1060 铝合金。

密度：2700 kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

步骤 1　新建文件

使用模板“gd_ part”新建一个零件，设置单位系统为【MMGS】。

步骤 2　激活 3D 草图

在特征工具栏中单击【3D 草图】按钮，或从菜单栏中选择【插入】/【3D 草图】，激活【3D 草图】。

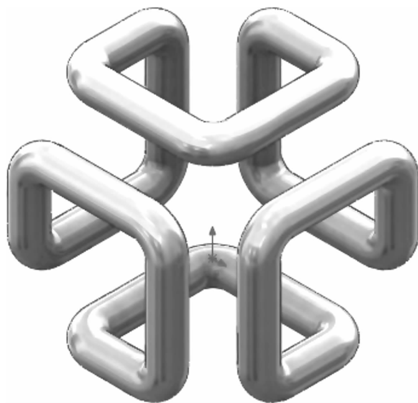


图 9-1　3D 管道

步骤 3　绘制直线 1

在草图工具栏中单击【直线】。按〈Tab〉键，直到光标显示为“ZX”符号。

从原点开始沿 Z 轴方向绘制长约 9mm 的直线，如图 9-2 所示。沿 X 轴方向绘制第二条长约 5.5mm 的直线，如图 9-3 所示。分别标注直线的尺寸为 9mm 和 5.50mm，如图 9-4 所示。（注：图示坐标系为手动创建的自定义坐标系，以下步骤不再显示）

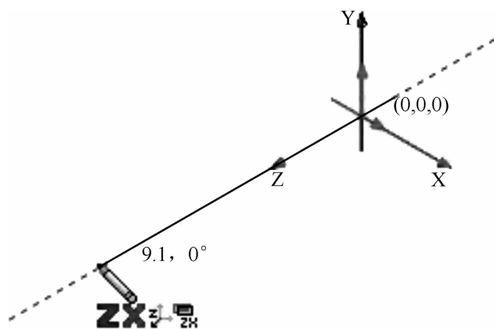


图 9-2　沿 Z 轴方向绘制直线

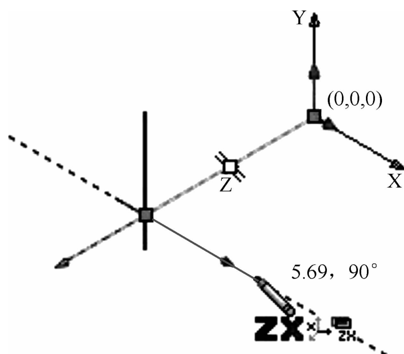


图 9-3　沿 X 轴方向绘制直线

步骤 4　绘制直线 2

在草图工具栏中单击【直线】。按〈Tab〉键，直到光标显示为“XY”。

从 5.5mm 直线的端点开始，沿 Y 轴方向绘制长约 9mm 的直线，如图 9-5 所示。沿 X 轴方向绘制第二条，长约 9mm 的直线，如图 9-6 所示。分别为它们标注尺寸，如图 9-7 所示（上一步骤尺寸已隐藏）。

步骤 5　绘制直线 3

按〈Tab〉键，直到光标显示为“YZ”。

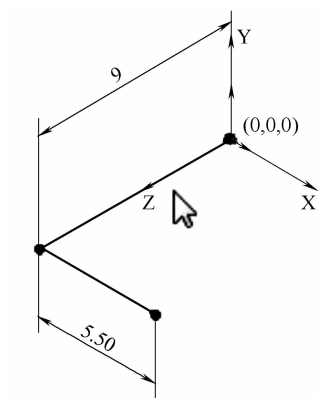


图 9-4　添加尺寸

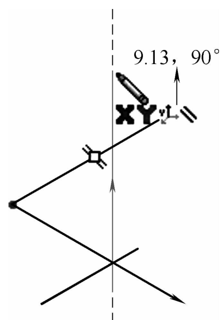


图 9-5　沿 Y 轴方向绘制直线

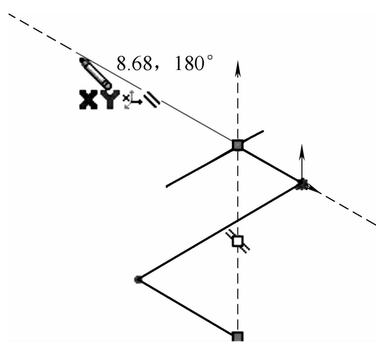


图 9-6　沿 X 轴方向绘制直线

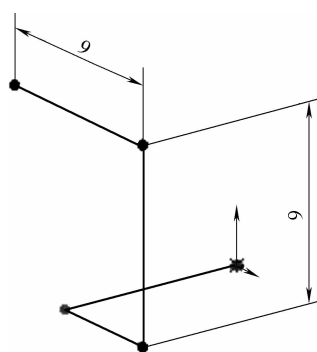


图 9-7　添加尺寸

开始沿 Y 轴方向绘制长约 5.5mm 直线，如图 9-8 所示。沿 Z 轴方向绘制第二条长约 9mm 的直线，如图 9-9 所示。沿 Y 轴方向绘制第三条长约 9mm 的直线，如图 9-10 所示。沿 Z 轴方向绘制第四条长约 5.5mm 的直线，如图 9-11 所示。分别为它们标注尺寸，如图 9-12 所示（上一步骤尺寸已隐藏）。

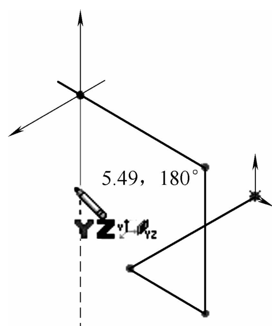


图 9-8　沿 Y 轴方向绘制直线 1

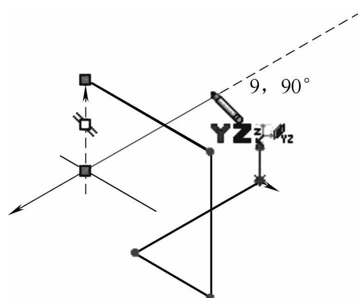


图 9-9　沿 Z 轴方向绘制直线 1

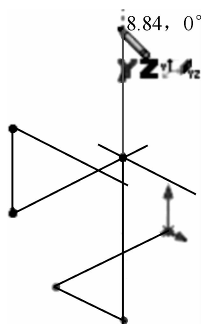


图9-10 沿Y轴方向绘制直线2

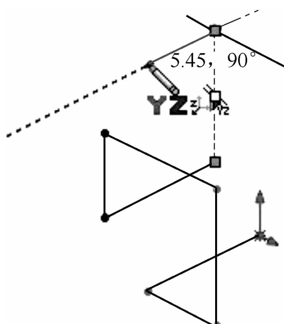


图9-11 沿Z轴方向绘制直线2

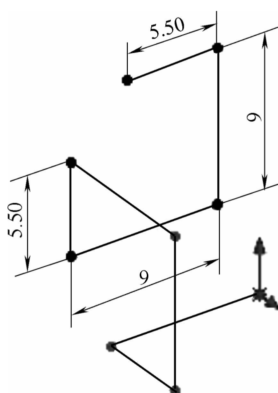


图9-12 添加尺寸

步骤6 绘制直线4

按〈Tab〉键，直到光标显示为“ZX”。

开始沿X轴方向绘制长约9mm的直线，如图9-13所示。沿Z轴方向绘制第二条长约9mm的直线，如图9-14所示。沿X轴方向绘制第三条长约5.5mm的直线，如图9-15所示。分别为它们标注尺寸，如图9-16所示（上一步骤尺寸已隐藏）。

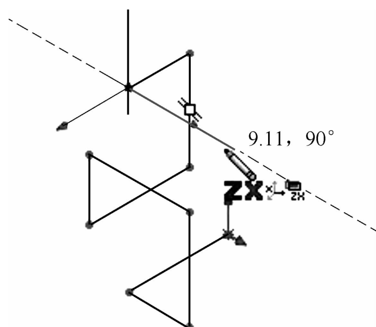


图9-13 沿X轴方向绘制直线

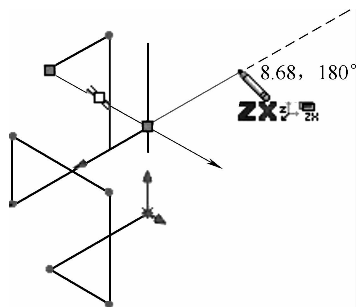


图9-14 沿Z轴方向绘制直线

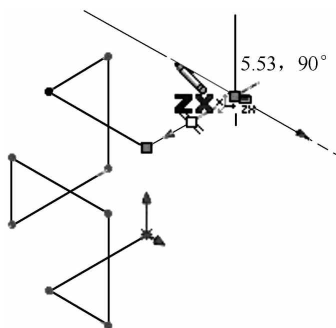


图9-15 沿X轴方向绘制直线

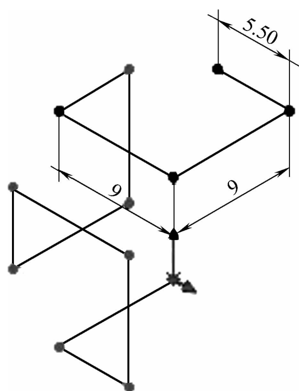


图9-16 添加尺寸

步骤 7　绘制直线 5

按〈Tab〉键，直到光标显示为“XY”。

开始沿 Y 轴方向绘制长约 9mm 的直线，如图 9-17 所示。沿 X 轴方向绘制第二条长约 9mm 的直线，如图 9-18 所示。沿 Y 轴方向绘制第三条长约 5.5mm 的直线，如图 9-19 所示。分别为它们标注尺寸，如图 9-20 所示。(上一步骤尺寸已隐藏)

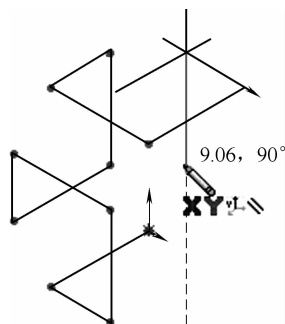


图 9-17　沿 Y 轴方向绘制直线

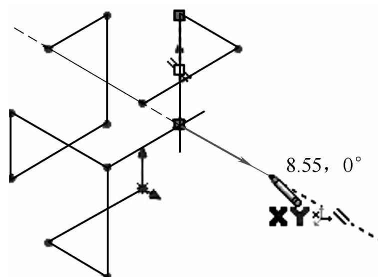


图 9-18　沿 X 轴方向绘制直线

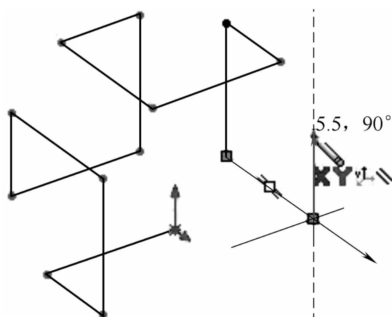


图 9-19　沿 Y 轴方向绘制直线

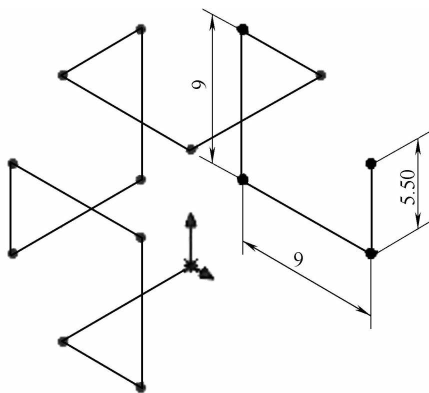


图 9-20　添加尺寸

步骤 8　绘制直线 6

按〈Tab〉键，直到光标显示为“YZ”。

开始沿 Y 轴方向绘制长约 9mm 直线，如图 9-21 所示。沿 Z 轴方向绘制第二条长约 9mm 的直线，如图 9-22 所示。沿 Y 轴方向绘制第三条长约 5.5mm 的直线，如图 9-23 所示。分别为它们标注尺寸，如图 9-24 所示。(上一步骤尺寸已隐藏)

步骤 9　绘制直线 7

如图 9-25 所示，绘制最后一条直线，使它的端点和图纸原点重合，草图完全定义，图中的所有线段都显示为黑色（尺寸显示位置可能不尽相同)。

步骤 10　添加圆角

如图 9-26 所示，为所有直角添加 *R*1.5mm 过渡圆角。保存并退出 3D 草图。

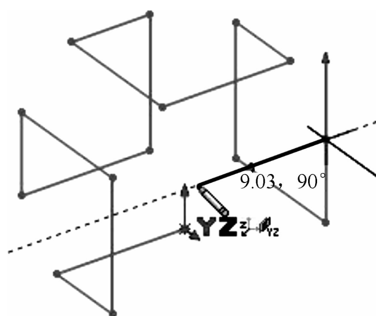


图 9-21　沿 Y 轴方向绘制直线

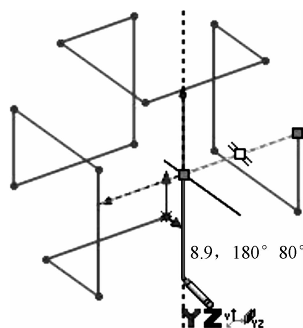


图 9-22　沿 Z 轴方向绘制直线

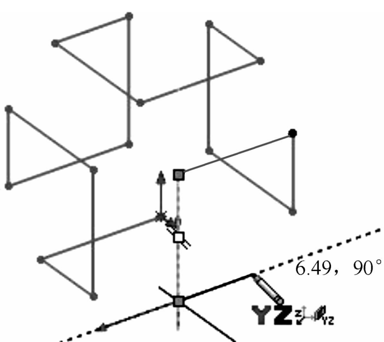


图 9-23　沿 Y 轴方向绘制直线

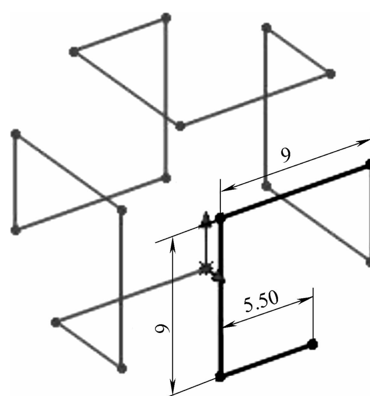


图 9-24　添加尺寸

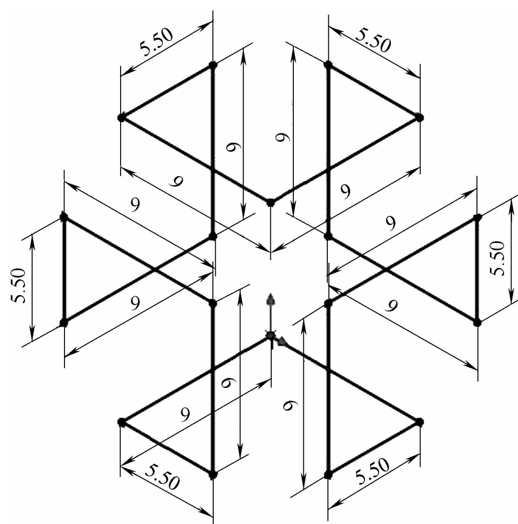


图 9-25　绘制最后一条直线

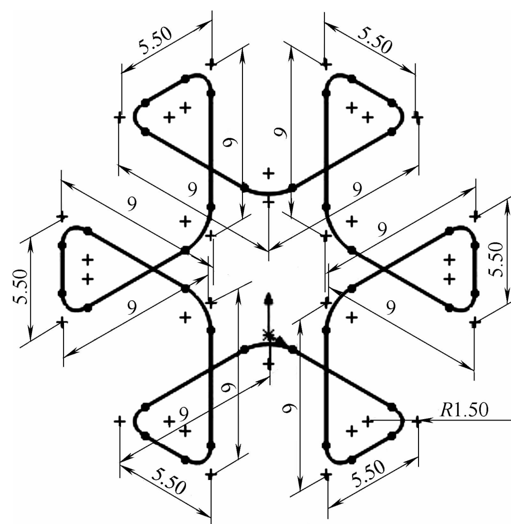


图 9-26　添加圆角

步骤 11　绘制 3D 草图

在特征工具栏中单击【3D 草图】按钮，或从菜单栏中选择【插入】/【3D 草图】，激活 3D 草图。

单击草图工具栏【转换实体引用】，在【要转换的实体】中选择【3D 草图 1】，如图 9-27 所示，单击按钮。

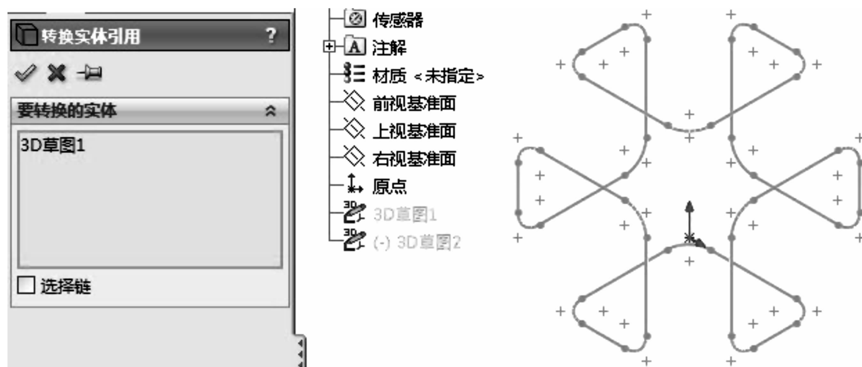


图 9-27　转换实体引用

步骤 12　套合样条曲线

从菜单工具栏中选择【工具】/【样条曲线工具】/【套合样条曲线】，然后框选 3D 草图，单击按钮，如图 9-28 所示。保存并退出草图。

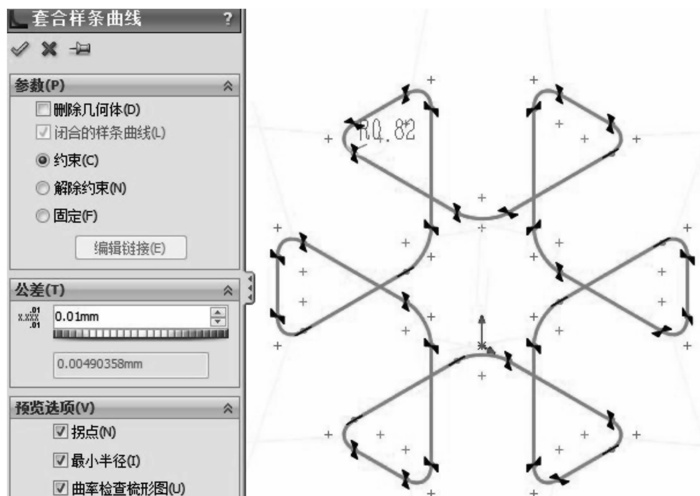


图 9-28　套合样条曲线

步骤 13　绘制扫描轮廓

隐藏【3D 草图 1】，在前视基准面上绘制一个直径为 2mm 的圆，使该圆的圆心与套合样条曲线有【穿透】几何关系，如图 9-29 所示。保存并退出草图。

步骤 14　创建扫描特征

单击特征工具栏中的【扫描】，使用步骤 13 绘制的圆作为扫描轮廓，套合样条曲线作为扫描路径，创建一个扫描特征，扫描结果如图 9-30 所示。

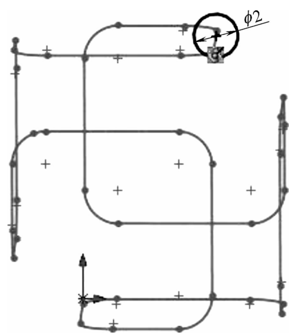


图 9-29　绘制扫描轮廓

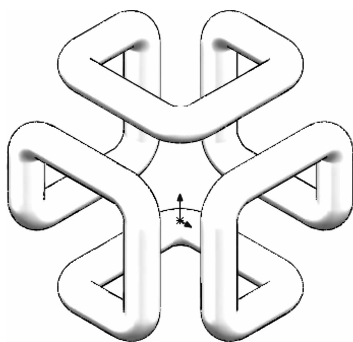


图 9-30　创建扫描特征

步骤 15　编辑材料

指定材料为 1060 铝合金。

步骤 16　保存并关闭零件

保存并关闭零件，命名为“3D 管道”。

9.3.2　实例 2　焊件

焊件是由多个焊接在一起的零件组成的，应该把焊件作为多实体进行建模，一个特殊的焊件特征会指明这个多实体零件为焊件。

建立如图 9-31 所示名为“篮球架”的模型。

材料：1060 铝合金。

密度：2700 kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

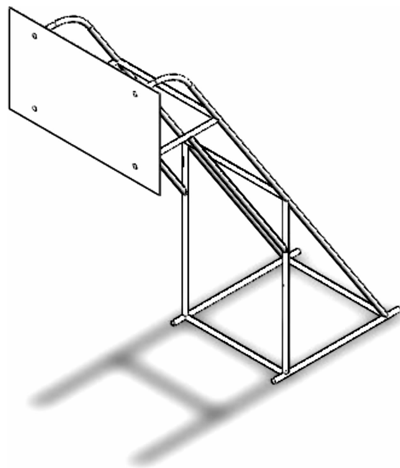


图 9-31　篮球架

步骤 1　新建文件

使用模板“gd_ part”新建一个零件，设置单位系统为【MMGS】。

步骤 2　激活 3D 草图

在特征工具栏中单击【3D 草图】按钮，或从菜单栏中选择【插入】/【3D 草图】，激活 3D 草图。

步骤 3　绘制中心线

在草图工具栏中打开【直线】的下拉菜单，单击【中心线】，按〈Tab〉键切换草图平面，直到鼠标光标显示为【ZX】。

如图 9-32 所示，从原点开始沿 X 轴方向绘制长约 1200mm 的中心线，并使该线在模型空间中与 X 轴重合；继续沿 Z 轴方向绘制第二条长约 1500mm 的中心线；继续沿 X 轴方向绘制第三条长约 1200mm 的中心线；绘制第四条中心线使其与原点重合，并给该线【沿 Z 轴】几何关系；最后分别标注中心线的尺寸为 1200mm 和 1500mm。

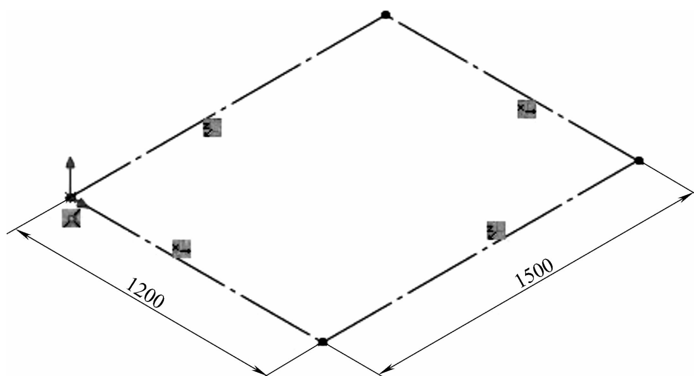
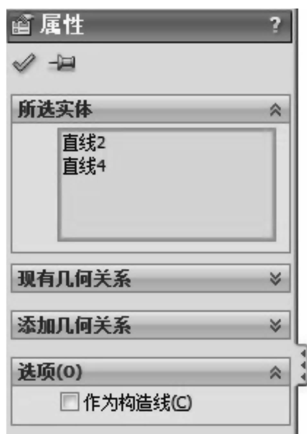


图 9-32　绘制中心线

步骤 4　转换中心线

按住〈Ctrl〉键的同时，选中两条沿 Z 轴方向且长度为 1500mm 的中心线，并在属性框中将【作为构造线】选项取消勾选，如图 9-33 所示。编辑完成后单击按钮✓。



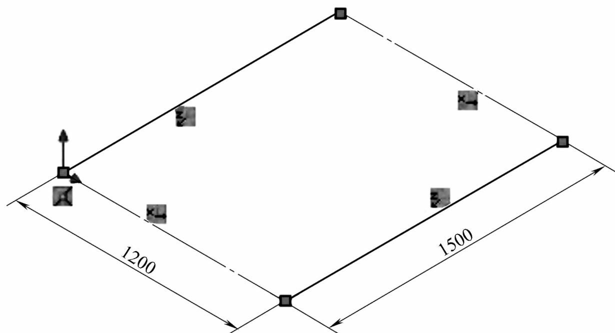


图 9-33　将构造线转为实体线

步骤 5　绘制直线 1

单击特征工具栏中的【直线】，按〈Tab〉键切换为草图平面，直到光标显示为【ZX】。

在矩形轮廓中绘制两条与 1200mm 直线平行（沿 X 轴方向）的线段，如图 9-34 所示标注线段的位置尺寸。

步骤 6　绘制直线 2

单击特征工具栏中的【直线】，按〈Tab〉键切换为草图平面，直到光标显示为【YZ】。

以图 9-35 所示交点为起始点，绘制两条直线并标注尺寸，并为长为 500mm 的直线添加【沿 Z 轴】的几何关系。这里斜线位置不定。

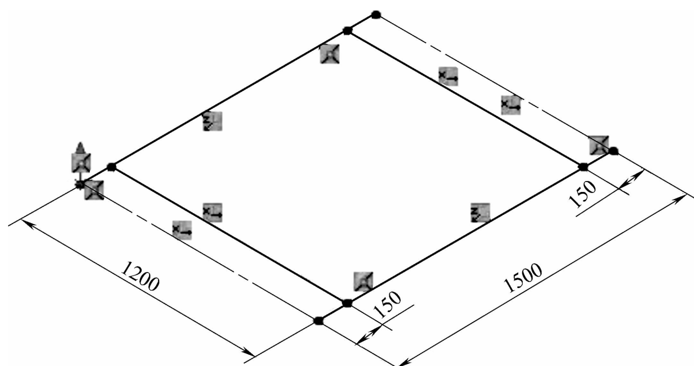


图 9-34　绘制直线

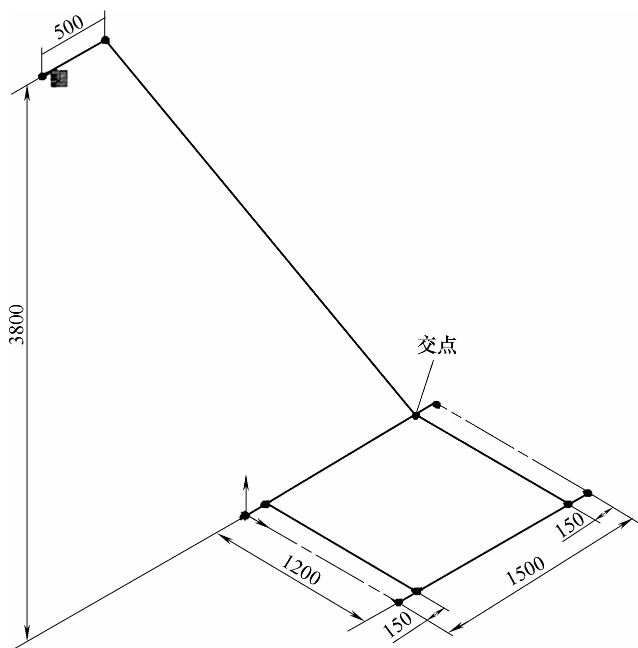


图 9-35　绘制直线

步骤 7　绘制直线 3

光标显示为【YZ】的环境下继续绘制直线，以图 9-36 所示交点为起始点绘制一条沿 Y 轴方向、另一个端点与草图中斜直线相交的直线，并标注尺寸。这时斜线位置已定。

步骤 8　绘制圆角

单击特征工具栏中的【绘制圆角】，添加半径为 500mm 的圆角，如图 9-37 所示。

步骤 9　绘制直线 4

在光标显示为【YZ】的环境下继续绘制直线。绘制一条沿 Z 轴方向、两端点几何关系如图 9-38 所示的直线，并标注尺寸。

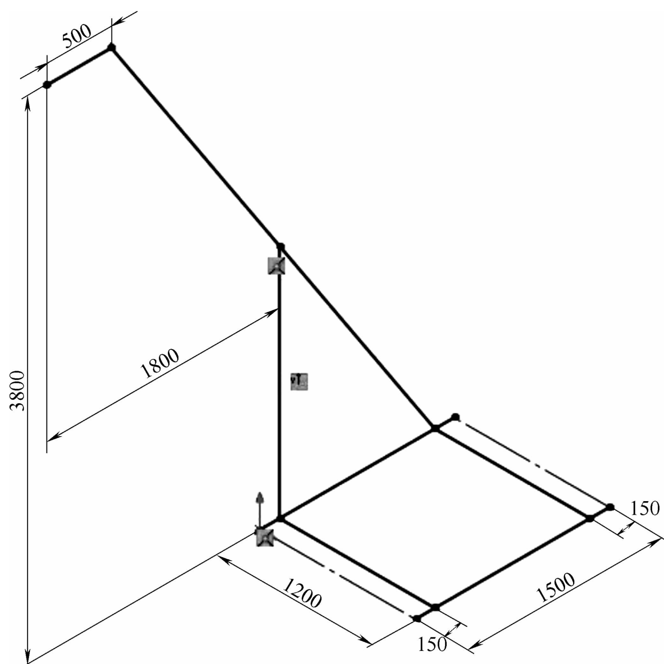


图 9-36　绘制直线

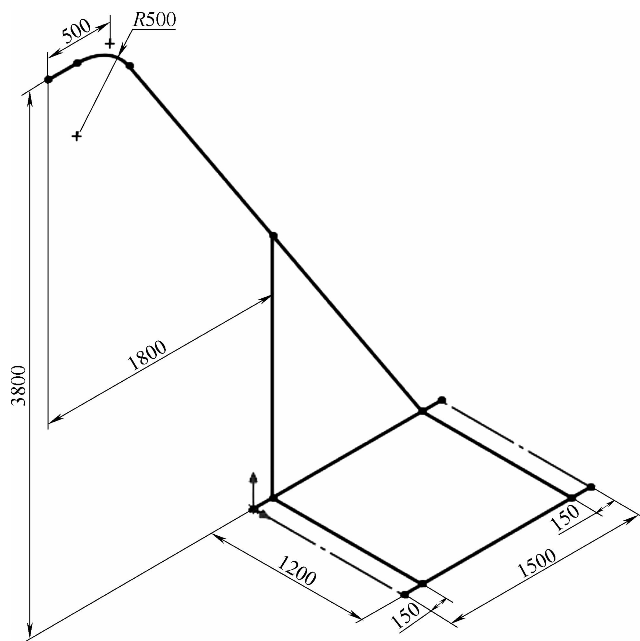


图 9-37　绘制圆角

步骤 10　绘制直线 5

在光标显示为【YZ】的环境下继续绘制直线。以交点为起始点连续绘制两条直线，并为端点添加【沿 X 轴】几何关系，如图 9-39 所示。

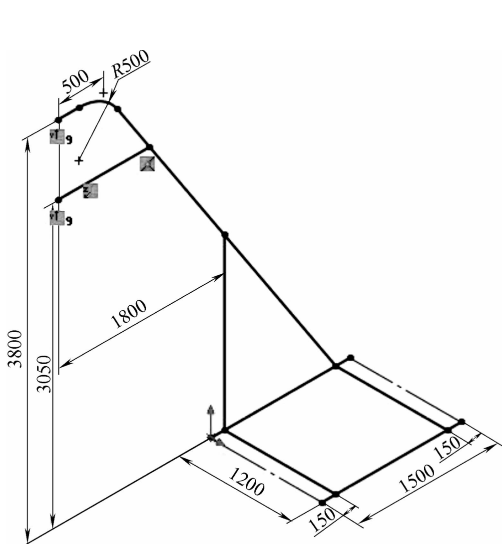


图 9-38　绘制直线

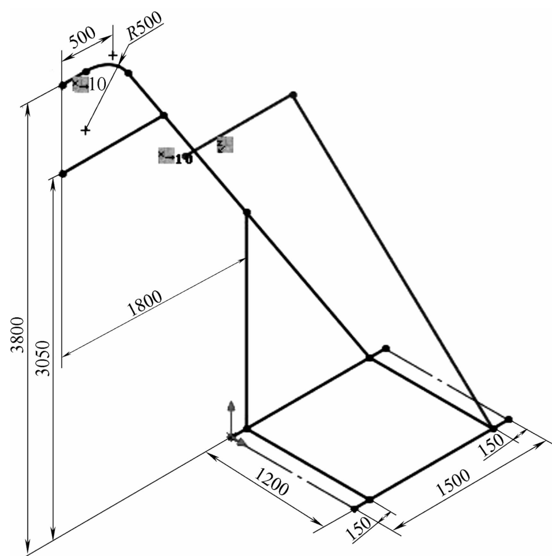


图 9-39　绘制直线

步骤 11　绘制直线 6

在光标显示为【YZ】的环境下继续绘制直线。以交点为起始点绘制一条沿 Y 轴方向、端点如图 9-40 所示的直线，并添加【相等】几何关系。

步骤 12　绘制直线 7

在光标显示为【YZ】的环境下继续绘制直线。绘制一条沿 Z 轴方向、端点几何关系如图 9-41 所示的直线。

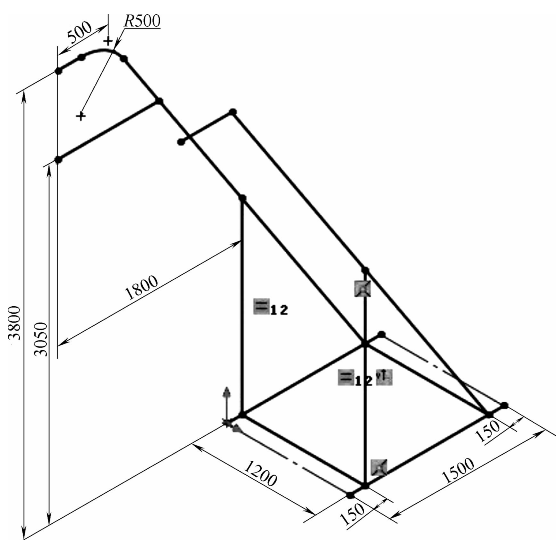


图 9-40　草图绘制

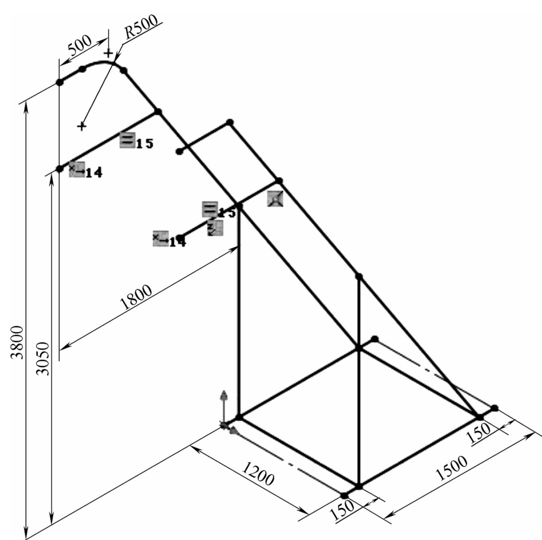


图 9-41　绘制直线

步骤 13　绘制圆角

单击【绘制圆角】，添加半径为 500mm 的圆角，如图 9-42 所示。

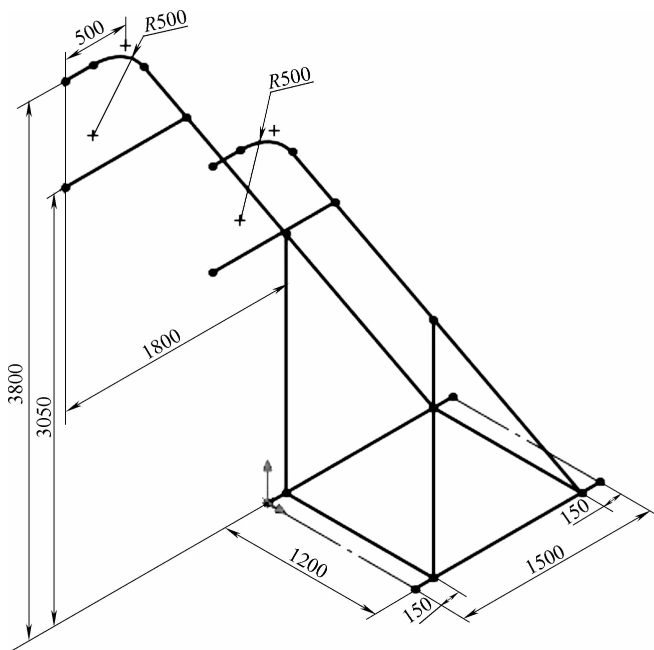


图 9-42　绘制圆角

步骤 14　绘制直线 8

单击【直线】，按〈Tab〉键切换为草图平面，直到光标显示为【ZX】。如图 9-43 所示连接两端点绘制两条直线。

步骤 15　绘制直线 9

单击【直线】，按〈Tab〉键切换草图平面，直到光标显示为【YZ】。如图 9-44 所示，绘制两条直线并添加几何关系。

步骤 16　保存并退出 3D 草图

步骤 17　添加"新组 1"

从菜单栏中选择【插入】/【焊件】/【结构构件】（或通过"Command Manager"激活该命令）。如图 9-45 所示，在结构构件属性框中设置参数，设置【标准】为"ansi 英寸"，【类型】为"管道"，【大小】为"1.5sch 40"。单击激活【组】列表框，选择图 9-45 所示 4 条在空间平行的直线，将自动创建【组 1】。

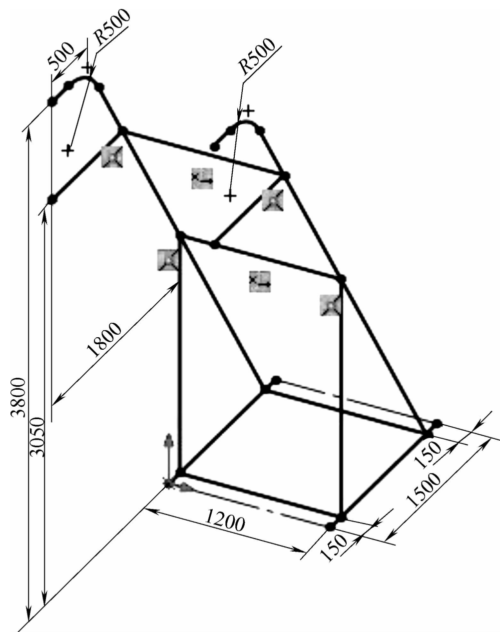


图 9-43　草图直线

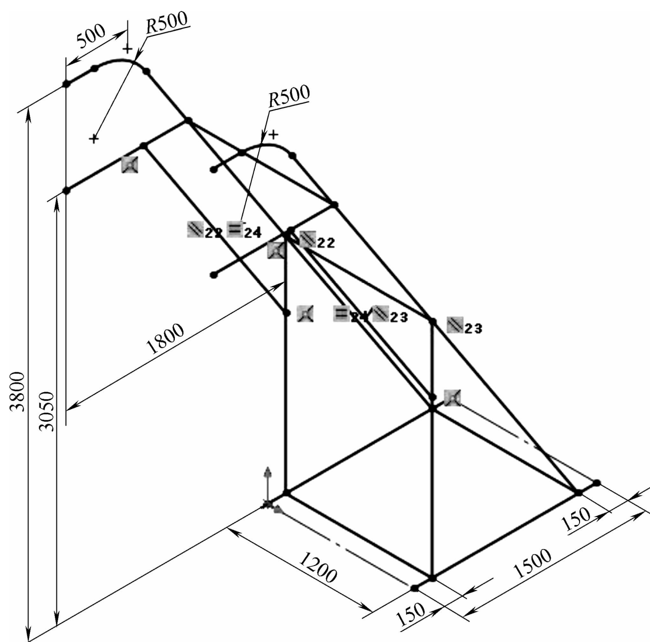


图 9-44　绘制直线

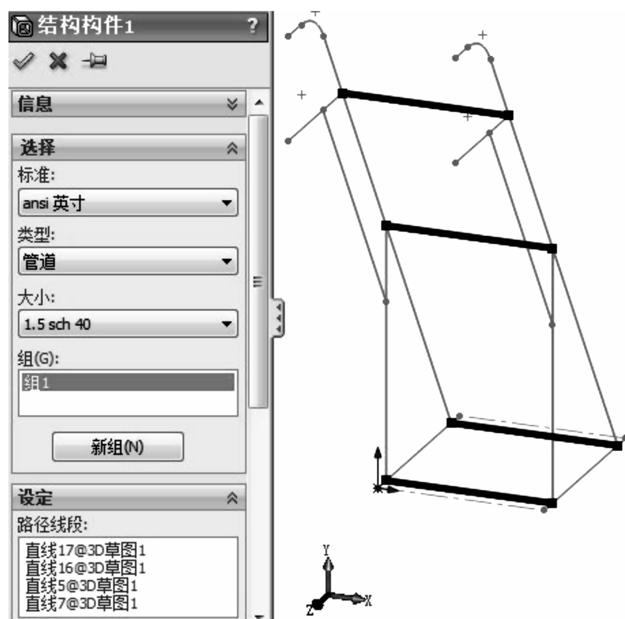


图 9-45　添加“新组 1”

步骤 18　添加“新组 2”

单击结构构件属性框中的【新组】，将会在【组】列表框中创建【组 2】，然后选择图 9-46 所示在空间平行的 6 条直线。

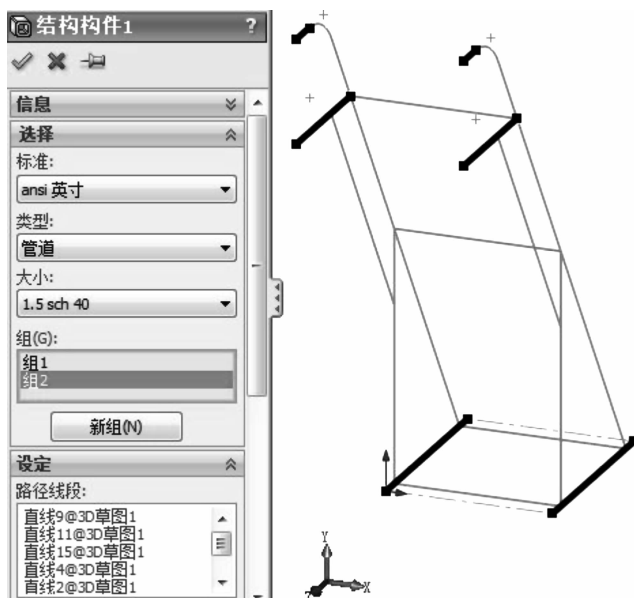


图 9-46　添加“新组 2”

步骤 19　添加“新组 3”

单击结构构件属性框中的【新组】，将会在【组】列表框中创建【组 3】，然后选择图 9-47 所示在空间平行的 4 条直线。

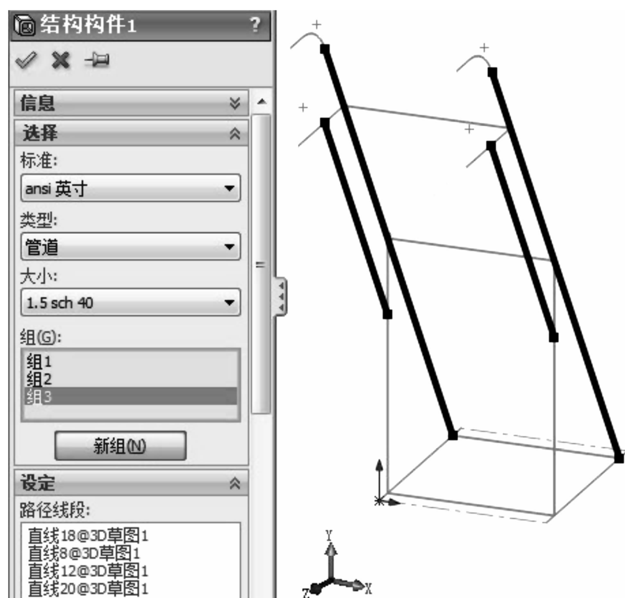


图 9-47　添加“新组 3”

步骤 20　添加“新组 4”

单击结构构件属性框中的【新组】，将会在【组】列表框中创建【组 4】，然后选择图 9-48 所示在空间平行的两条直线。

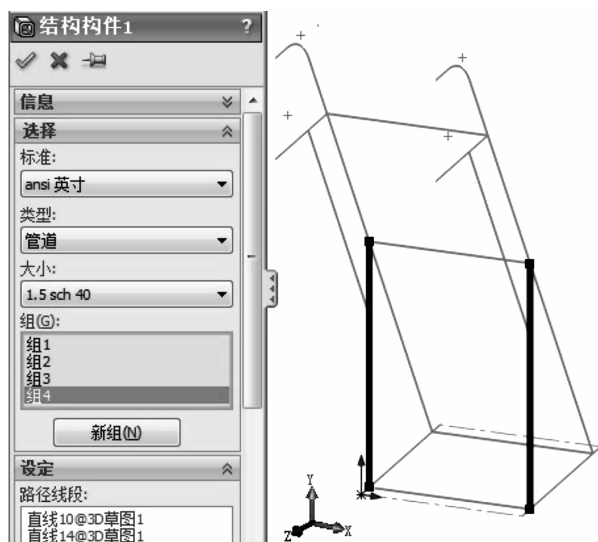


图 9-48　添加“新组 4”

步骤 21　添加“新组 5”

单击结构构件属性框中的【新组】，将会在【组】列表框中创建【组 5】，然后选择图 9-49 所示的圆弧。

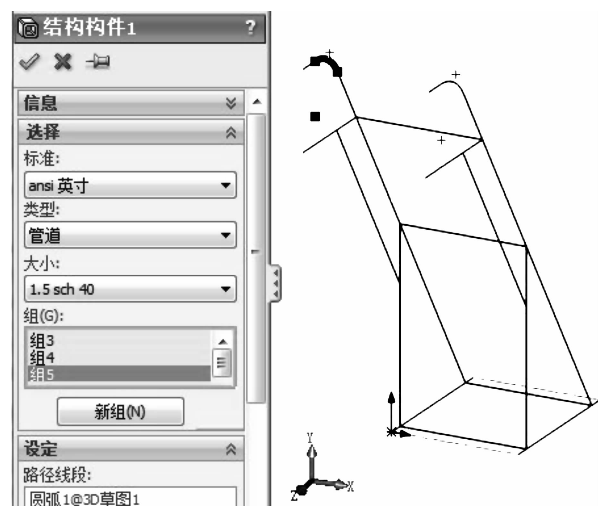


图 9-49　添加“新组 5”

步骤 22　添加“新组 6”

单击结构构件属性框中的【新组】，将会在【组】列表框中创建【组 6】，然后选择图 9-50 所示另外一个圆弧。编辑完成后单击按钮✓退出。

步骤 23　绘制草图

选择图 9-51 所示平面作为草图平面，绘制图 9-52 所示轮廓并完全定义草图。编辑完成后保存并退出草图。

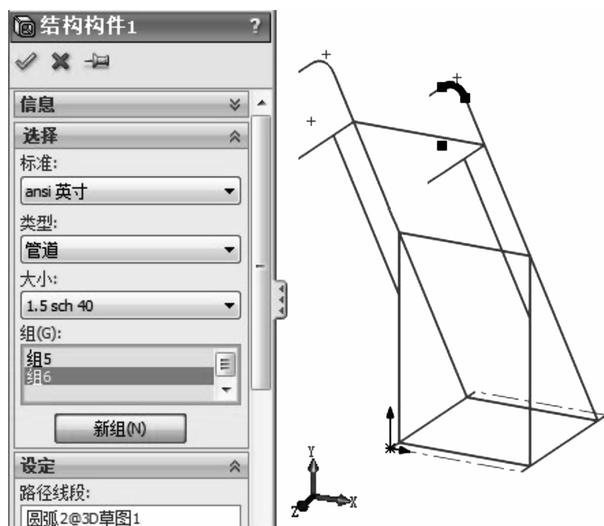


图 9-50　添加“新组 6”

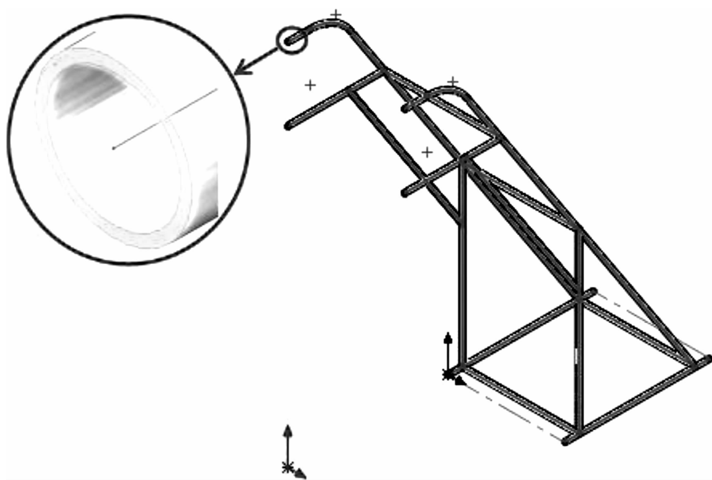


图 9-51　选择草图平面

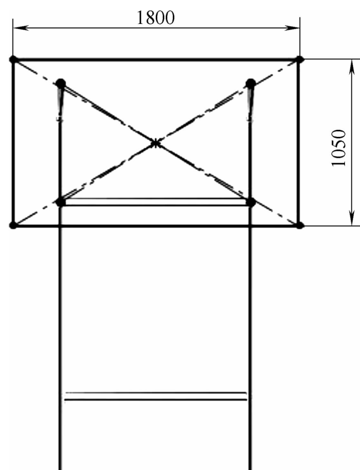


图 9-52　绘制草图

步骤 24　创建“凸台-拉伸”特征

在【凸台-拉伸】属性框中，设置【终止条件】为【给定深度】，【深度】为 5mm，如图 9-53 所示。编辑完成后单击按钮✓退出操作。



注意拉伸方向。

步骤 25　隐藏“3D 草图 1”

右击设计树中【3D 草图 1】，选择【隐藏】，将 3D 草图隐藏。

步骤 26　编辑材料

指定材料为 1060 铝合金。

步骤 27　保存并关闭零件

保存并关闭零件，命名为“篮球架”。

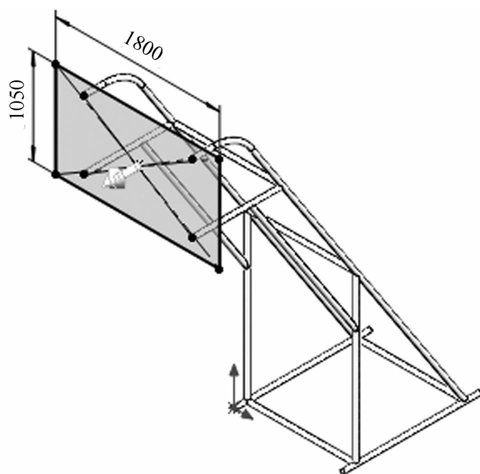


图 9-53　创建“凸台 – 拉伸”特征

9.4　课后小结

本章介绍了如何绘制 3D 草图，以及通过 3D 草图来进行零部件建模，包括了 3D 草图在焊件中的应用。通过本章的学习，学生应掌握绘制 3D 草图的能力。

9.5　课后练习

练习 1

使用 3D 草图，建立如图 9-54 所示模型，并命名为“3D 管路”。

已知：$A=50$mm，$B=8$mm（直径）。

材料：1060 铝合金。

密度：2700 kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

练习 2

使用 3D 草图建立如图 9-55 所示焊件模型，并命名为“椅子”。

已知：$A=1200$mm，$B=400$mm，$C=450$mm，$D=450$mm，图 9-55 所示框架部分使用结构构件参数为：【标准】为“ISO”、【类型】为“方形管”、【大小】为“30×30×2.6”。其余横梁部分结构构件参数为：【标准】为“ISO”、【类型】为“管道”、【大小】为“33.7×4.0”。

材料：柚木。

密度：630 kg/m^3。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

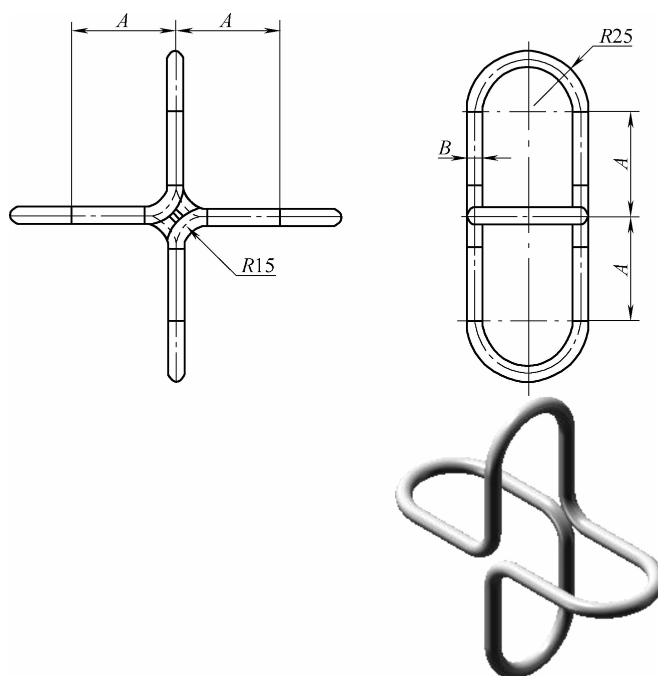


图 9-54　3D 管路

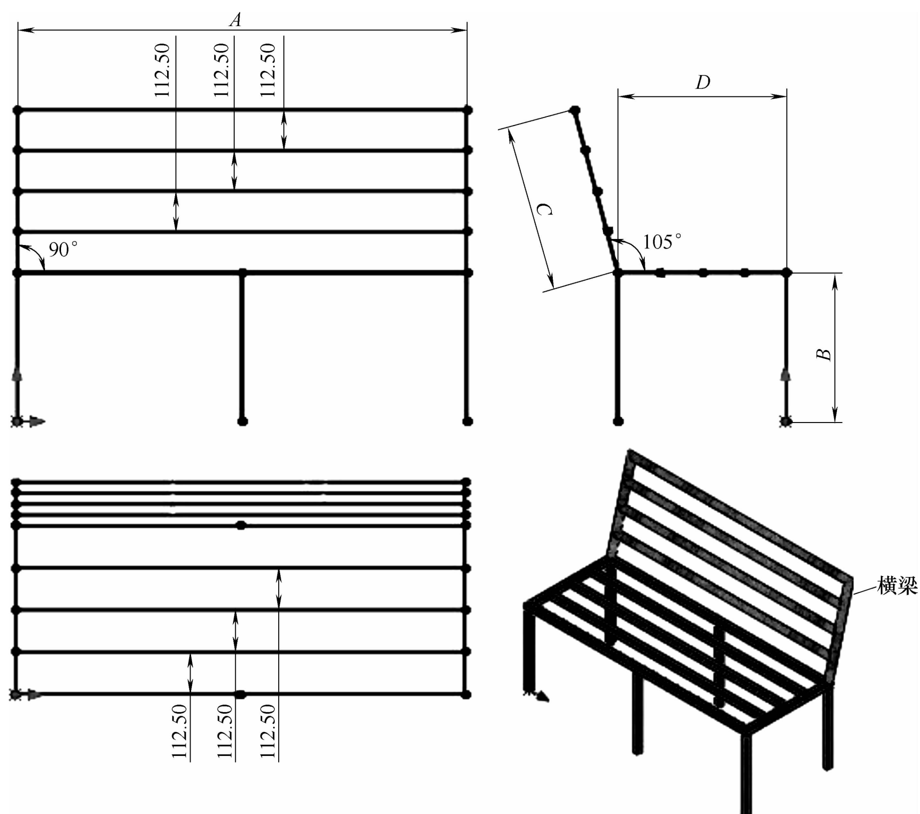


图 9-55　椅子

第 10 章　动　　画

【学习目标】

- 学习如何制作动画
- 为装配体制作动画
- 为动画进行渲染

10.1　概述

3D 模型如果具有机构运动，利用 SolidWorks MotionManager 可以有趣地向别人介绍设计思路、运动关系等。SolidWorks MotionManager 甚至提供运动结果的输出，如速度、加速度、运动轨迹、力等。结合 PhotoView360 渲染工具可以制作出更炫的动画过程，满足宣传和推广的需求。

为简化课程，本章只介绍动画、基本运动以及如何渲染动画。

10.2　SolidWorks MotionManager

10.2.1　功能介绍

SolidWorks 支持三种运算类型：动画、基本运动和 Motion 分析。

1. 动画

包括通过关键帧之间的插值来模拟动画和使用马达驱动装配体来生成动画两种方式。

2. 基本运动

在装配体上模仿马达、弹簧、接触以及引力，并考虑质量，模拟更加真实的演示性动画。

3. Motion 分析

在装配体上精确模拟和分析运动单元的效果（包括力、弹簧、阻尼以及摩擦），并在计算中考虑材料属性、质量及惯性，还可以生成运动、动力图表、轨迹等分析结果。

10.2.2　打开方式

打开装配体后可在软件界面的左下角看到“动画 1”标签，单击即可进入动画编辑状态。如果看不到，在菜单“视图”中勾选【MotionManager】。

10.2.3　操作界面介绍

操作界面如图 10-1 和图 10-2 所示。

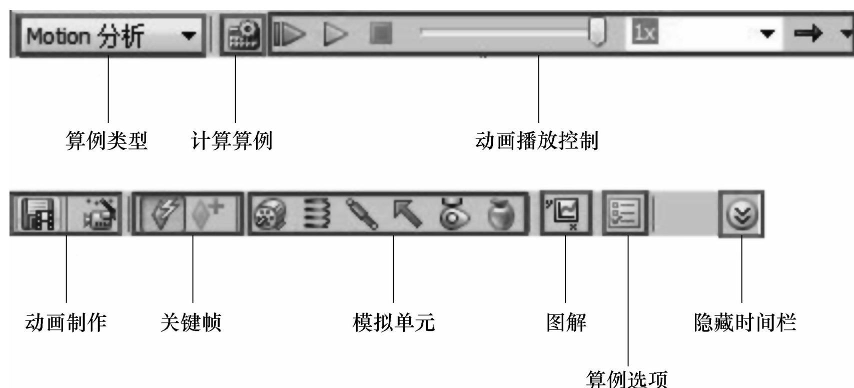


图 10-1　常用工具条命令

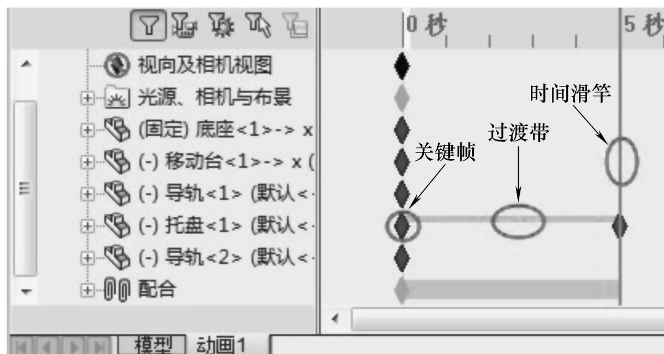


图 10-2　设计树及时间栏命令

10.3　SolidWorks 中的其他动画功能

10.3.1　装配体中的爆炸过程动画

在前面的装配体中讲到过装配体的爆炸视图，可以动画爆炸或是动画解除爆炸，在播放过程中可以单击【保存】按钮将其保存为 AVI 格式的视频文件。动画控制器如图 10-3 所示。

10.3.2　走查功能

通过走查功能如同在真实场景下浏览工厂、机器、设备或其他系统的 3D 几何体。在走查过程中可以将整个过程录制下来，保存为视频文件。添加走查如图 10-4 所示。

10.3.3　分析中的动画功能

在 SolidWorks 分析模块中，包括静态、屈曲、跌落等或者流体、模流分析，都可以生成动画来直观地显示结果。



图 10-3　动画控制器



图 10-4　添加走查

10.4　动画中可控制项

在 SolidWorks 动画功能中，除了马达、力、弹簧、接触、引力等可设定外，零部件的显示、隐藏与否，装配体配合关系、光源、视图及相机视图，零部件的移动、爆炸、外观，装配体特征等都可作为控制项做出各种效果。

10.5　动画实例

10.5.1　实例 1——平移机构

步骤 1　打开文件

打开本章实例文件夹下平移机构里面的模型“平移机构 . SLDASM”，如图 10-5 所示。

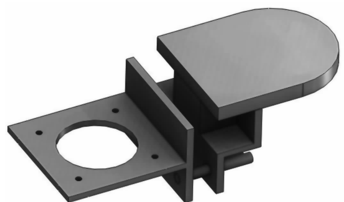


图 10-5　平移机构



图 10-6　添加颜色

步骤 2　编辑动画

单击【动画 1】标签，进入动画编辑状态。在右下角找到【缩小】按钮（或【放大】按钮），将时间间隔显示为 1 秒。将装配体的结束键拖到 5 秒位置，即总体计算时间为 5 秒。将时间滑条拖到 0. 2 秒，右击“移动台”，编辑外观，选择红色，如图 10-6 所示。



在装配体中修改外观必须在零部件层，不能选择在文档层，否则无效，详见渲染章节。

可以看到在“移动台”左边时间0.2秒处自动添加了关键帧，把光标移动到此帧处，可以看到此帧的概况：外观为红色，透明度为0%，如图10-7所示。过渡带为粉红色。

如果没有自动添加关键帧，请确保工具条里面的【自动键码】是打开状态。



图10-7　添加了关键帧

步骤3　复制关键帧

复制【外观】行0秒的关键帧到0.4秒、0.8秒和1.2秒处，复制0.2秒的关键帧到0.6秒和1秒处，如图10-8所示。

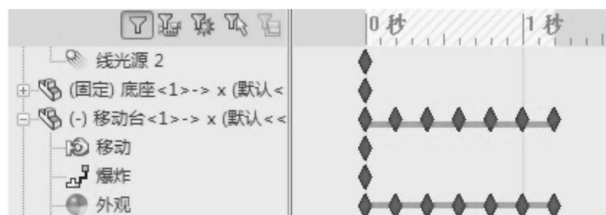


图10-8　复制关键帧

步骤4　自动添加关键帧

将时间滑条拖到5秒处，将图形区域里的“移动台”拖放到合适位置，可以看到在5秒处自动添加关键帧，过渡带为绿色，如图10-9所示。



图10-9　自动添加关键帧

步骤5　设置插值模式

右击5秒处的关键帧，选择【插值模式】下的【渐入/渐出】，如图10-10所示。

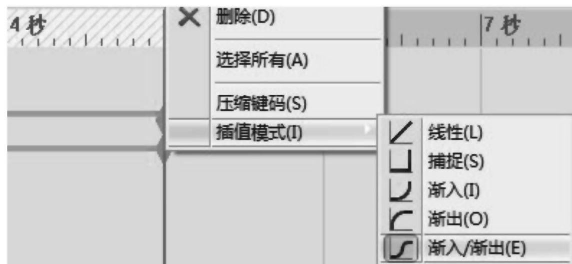


图10-10　设置插值模式

这样，从初始位置到 5 秒时中间的运动状况通过【渐入/渐出】的插值方式来确定运动速度是如何变化的。

【插值模式】中有以下几种插值模式：

【线性】：零部件以匀速从位置 A 移到位置 B。

【捕捉】：零部件从位置 A 突变到位置 B。

【渐入】：零部件开始匀速移动，但随后会朝着位置 B 方向加速移动。

【渐出】：零部件一开始加速移动，但当快接近位置 B 时减速移动。

【渐入/渐出】：结合【渐入】和【渐出】两种模式移动。

步骤 6　设置零部件显示状态

将时间滑条拖到 4 秒处，右击【底座】零件，选择【零部件显示】下的【消除隐藏线】，如图 10-11 所示。



图 10-11　设置零部件显示状态

步骤 7　编辑关键帧

将时间滑条拖到 5 秒处，右击【底座】零件，选择【隐藏】。确保 0 秒处的【零部件显示】为【带边线上色】，并复制 0 秒的关键帧到 3 秒处，如图 10-12 所示。

步骤 8　打开视向及相机视图

将时间滑条拖到 5 秒处，右击【视向及相机视图】，选择【禁用观阅键码生成】；打开视向及相机视图，如图 10-13 所示。

步骤 9　旋转并缩放视图（见图 10-14）



图 10-12　编辑关键帧

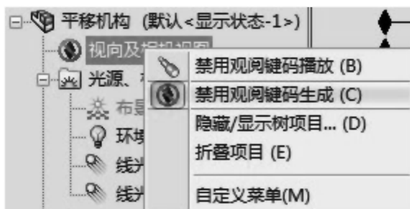


图 10-13　打开视向及相机视图

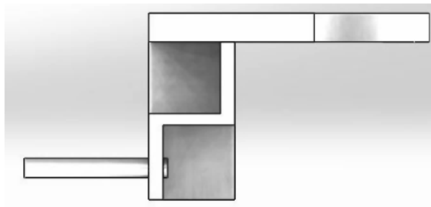


图 10-14　旋转并缩放视图

步骤 10　观看动画效果

以上设置完成后，单击工具栏中的【计算】按钮，完成后单击【从头播放】按钮，观看动画效果。拖拽时间轴滑条，可以查看任意时刻的运动状况。

步骤 11　保存动画

效果满意后可以单击【保存动画】按钮，将结果保存为 AVI 格式的视频文件，这样就可以使用其他视频播放软件来观看动画效果。



其他支持的保存格式，如图 10-15 所示。



PhotoView360 插件打开的情况下，还可以使用 PhotoView 的渲染器获取逼真的效果，但耗费的时间会比较长，如图 10-16 所示。

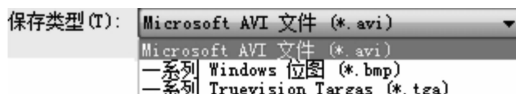


图 10-15　支持的保存格式



图 10-16　两种渲染器

图像大小可以自定义设定分辨率值，也可选择软件提供的常用高宽比，如图 10-17 所示。

如图 10-18 所示，画面信息中的【每秒的画面】值越大动画播放越连续，但是会增加渲染时间。一般人眼所能分辨的帧数为 24 帧，过大就没有实际意义。最小的帧数为 8 帧，低于此值，动画就不够平滑连贯。此例设定的最大时间为 5 秒，默认会渲染到 5 秒结束，也可以自定义时间范围。



图 10-17　设定图像大小



图 10-18　设置保存动画参数

10.5.2　实例 2——吸盘移动

平移机构实例中，可以采用在视图窗口中拖放起始位置，然后插补中间运动过程的方式来模拟零部件的运动，本例中，将采用赋予动力源“马达”的方式模拟零部件的运动。

步骤 1　打开文件

打开本章实例文件夹中吸盘移动演示的模型“吸盘移动演示.SLDASM”，如图 10-19 所示。

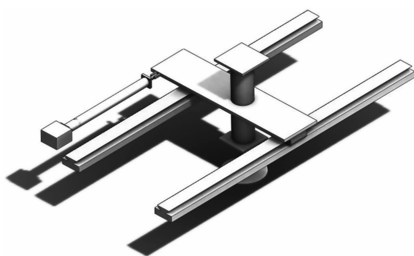


图 10-19　吸盘移动演示

步骤 2　查看动画效果

单击【动画 1】标签，进入动画编辑状态。单击右下角的【缩小】按钮，看到“动画 1”中的各部件运动已经设置好，采用的是插值方法。单击工具条中的【播放】按钮，查看效果，如图 10-20 所示。

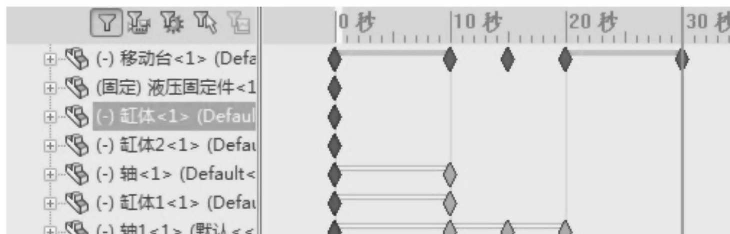


图 10-20　预览动画效果

步骤 3　拖放关键帧

如图 10-21 所示，将装配体右面的黑色关键帧拖放到 30 秒的位置，表示动画总体计算时间为 30 秒。

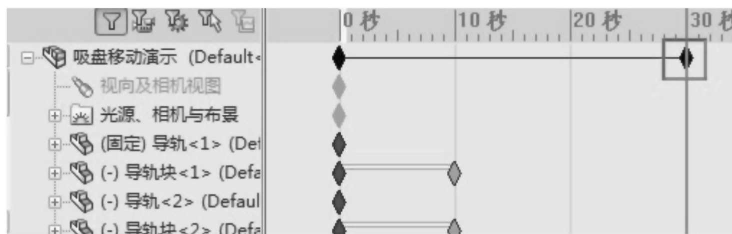


图 10-21　拖放关键帧

步骤 4　生成新运动算例

如图 10-22 所示，右击【动画 1】标签，在弹出菜单中选择【生成新运动算例】，生成“运动算例 1”。单击此标签，进入“运动算例 1”的编辑状态。

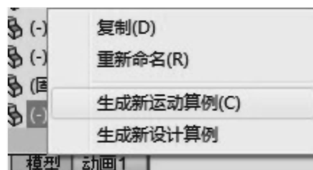


图 10-22　生成新运动算例

步骤 5　添加线性马达 1

在工具栏中单击【马达】按钮，在【马达】属性框中选择【线性马达（驱动器）】，选择图 10-23 中高亮的“轴”外表面，在【运动】选项组中选择【距离】，并按图 10-23 所

示进行设置。该设置表示在10秒内此轴以及相连部件按照箭头方向运动389.5mm。

注意 单击【切换运动方向】按钮可以切换运动方向。

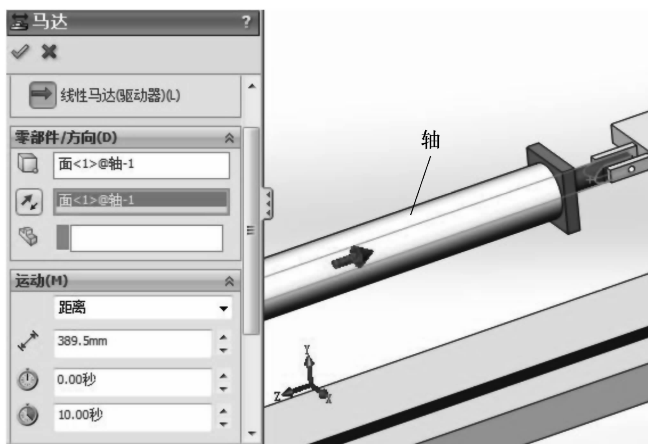


图10-23 添加线性马达1

步骤6 添加线性马达2

在属性框中选择【线性马达（驱动器)】，如图10-24所示，选择高亮的“轴1”外表面，并设置【运动】选项组。该设置表示在10~15秒内，此轴以及相连部件按照箭头方向运动282.6mm。

步骤7 添加线性马达3

在属性框中选择【线性马达（驱动器)】，如图10-25所示，选择高亮的“轴1”外表面，按【切换运动方向】按钮，设置【运动】选项组。该设置表示在15~20秒内，此轴以及相连部件按照箭头方向运动282.6mm。

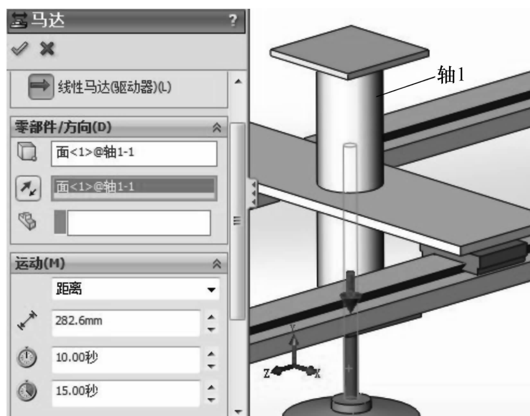


图10-24 添加线性马达2

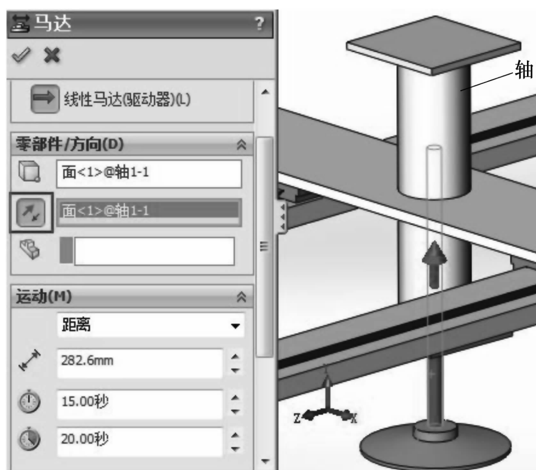


图10-25 添加线性马达3

步骤8 添加线性马达4

在属性框中选择【线性马达（驱动器)】，如图10-26所示，选择高亮的“轴”外表面，

按【切换运动方向】按钮。在【运动】选项组中选择【等速】，设置速度为 38.95mm/s。该设置表示此轴以及相连部件按照箭头方向以 38.95mm/s 运动。确定后将完成的“线性马达 4”右侧的起始关键帧拖放到 20 秒的位置，这样此马达只在 20～30 秒之间运动。

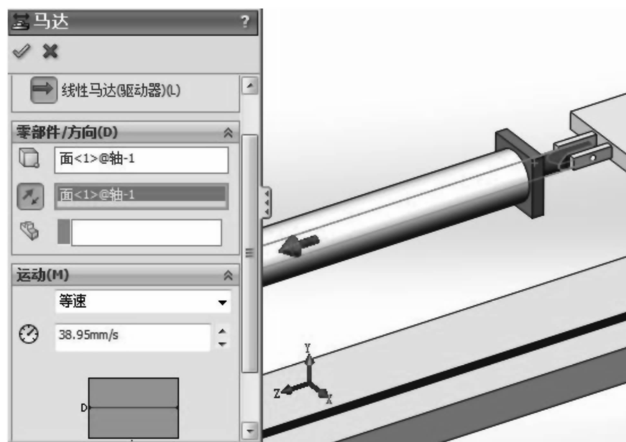


图 10-26　添加线性马达 4

步骤 9　设置关键帧的起始位置

在“线性马达 1”右侧 10 秒的位置右击选择【放置键码】，然后右击此键码，选择【关闭】，这样此马达只在 0～10 秒之间运动。同样，按照图 10-27 所示设置其他线性马达。

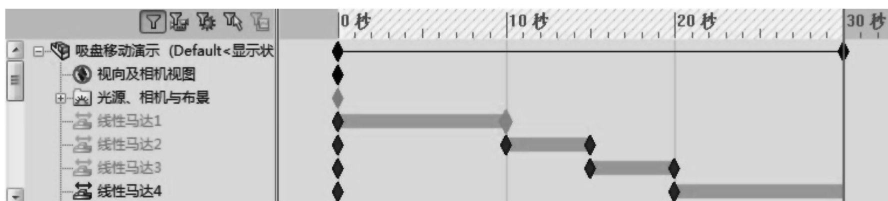


图 10-27　设置关键帧的起始位置

步骤 10　观看动画效果

完成以上设置后，单击工具栏中的【计算】按钮，完成后单击【从头播放】按钮，观看动画播放效果。

10.5.3　实例 3——筛选球体

以上实例是手动添加驱动力，本实例将采用重力作为驱动力。

步骤 1　打开文件

打开本章实例文件夹下引力中的模型“Sorter. SLDASM”，如图 10-28 所示。

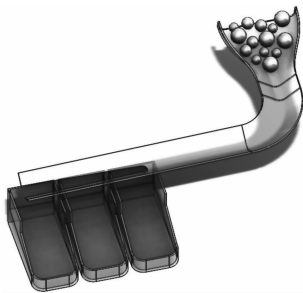


图 10-28　模型 Sorter

步骤 2　修改运动算例类型

单击【运动算例 1】，进入动画编辑状态，修改运动算例类型为【基本运动】。

步骤 3　设置引力参数

选择工具栏中的【添加重力】按钮，在属性框选择 Y 方向，重力加速度为默认，如图 10-29 所示。

步骤 4　设置解除参数

如图 10-30 所示，选中图形窗口中的所有零件，单击【接触】按钮，接触面组数为 105 组。



图 10-29　设置引力参数

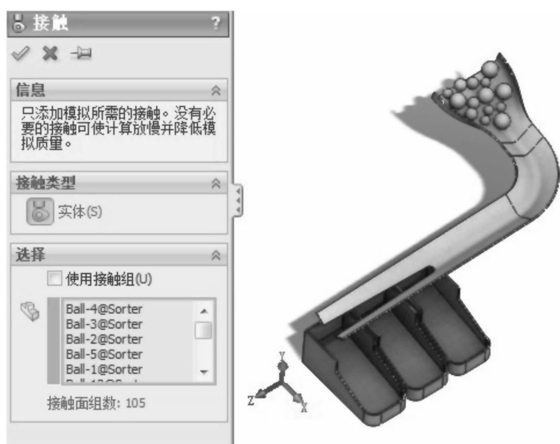


图 10-30　设置【解除】参数

步骤 5　设置结束键码

将装配体的结束键码拖到 10 秒位置，即总体计算时间为 10 秒，如图 10-31 所示。

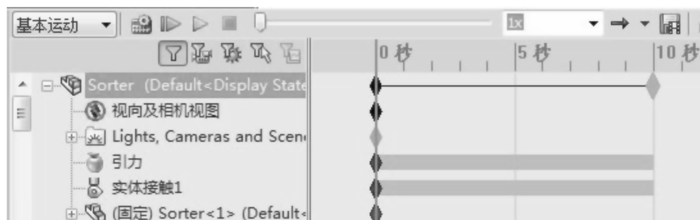


图 10-31　设置结束键码

步骤 6　观看动画效果

完成以上设置后，单击工具栏中的【计算】按钮，完成后单击【从头播放】按钮，观看动画播放效果。

10.6　动态剖切

本例将采用可变的装配体特征来演示动态剖切的效果动画。

步骤 1　打开文件

打开本章实例文件夹下动态剖切效果中的模型“液压夹具体 . SLDASM”，如图 10-32 所示。

步骤 2　显示零件

右击模型设计树中的【拉伸切除控制零件】，选择【显示】按钮，如图 10-33 所示。此零件只有一个平面实体。

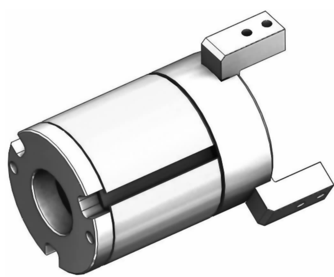


图 10-32　模型液压夹具体

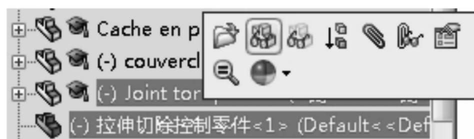


图 10-33　显示零件

步骤 3　选择草图平面

如图 10-34 所示，在图形视图中单击曲面实体，选择【草图绘制】按钮。



图 10-34　选择草图平面

步骤 4　选择转换实体引用边线

进入“编辑草图”状态，使用草图工具中的【转换实体引用】按钮，选择图 10-35 所示的高亮边线。

步骤 5　绘制草图

绘制如图 10-36 所示的草图。

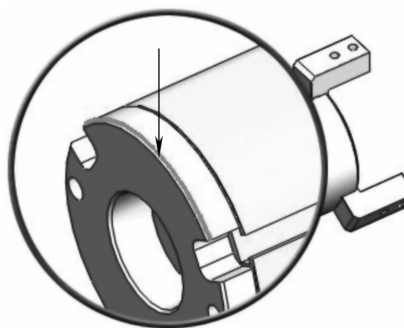


图 10-35　选择转换实体引用边线

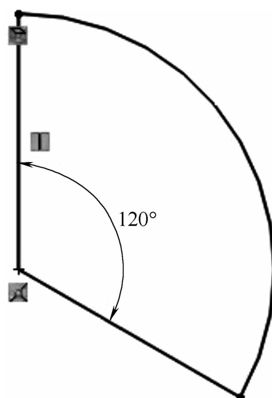


图 10-36　绘制草图

步骤6　设置切除拉伸参数

完成草图后，以此草图创建拉伸切除特征，并按图10-37所示进行设置。

注意　特征范围选择以下四个零部件：corps、cache en Plastique、couvercle、fond。

步骤7　拖放零件到离装配体比较近的位置

切换到【动画】标签。将时间滑条拖放到5秒的位置，在图形视图中将【拉伸切除控制零件】拖放到离装配体比较近的位置，可以看到键码区域自动在5秒的位置添加关键帧，如图10-38所示。

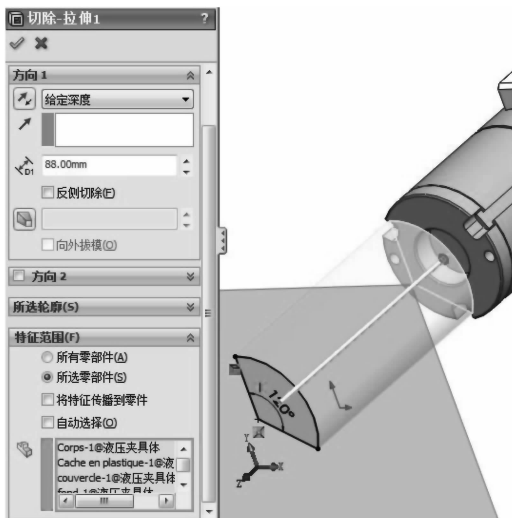


图10-37　设置【切除-拉伸1】参数



图10-38　拖放【拉伸切除控制零件】

步骤8　拖放零件到离装配体比较远的位置

将时间滑条拖放到10秒的位置，在图形视图中将【拉伸切除控制零件】拖放到离装配体比较远的位置，可以看到键码区域自动在10秒的位置添加关键帧，如图10-39所示。

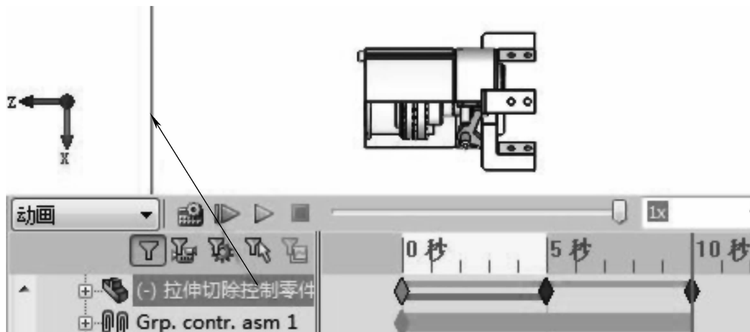


图10-39　拖放【拉伸切除控制零件】

步骤9　隐藏“拉伸切除控制零件”

如图10-40所示，将时间滑条拖放到0秒的位置，右击【拉伸切除控制零件】，选择【隐藏】，隐藏“拉伸切除控制零件”。

步骤10　观看动画效果

完成以上设置后，单击工具栏中的【计算】按钮，完成后单击【从头播放】按钮

，观看动画播放效果。



图 10-40　隐藏【拉伸切除控制零件】

10.7　动画渲染（选作）



以上的所有动画都可以借助 PhotoView 渲染工具实现更好的视频输出效果。

步骤 1　打开文件

打开本章实例文件夹下手表渲染动画中的模型“Watch. SLDASM”，如图 10-41 所示。

步骤 2　预览运动效果

模型外观和指针运动已经设置完成，单击【计算】按钮，并预览运动效果，如图 10-42 所示。



图 10-41　模型 Watch

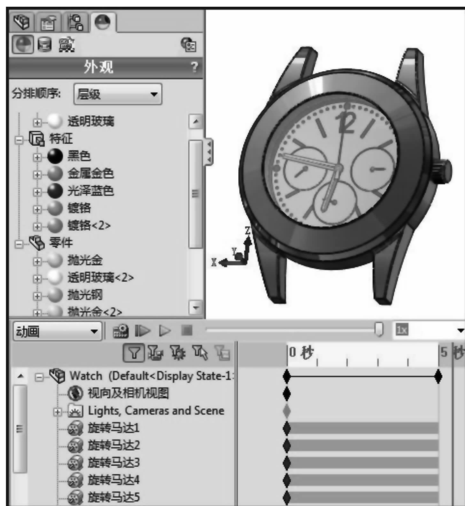


图 10-42　预览运动效果

步骤 3　选择渲染器

单击工具栏中【保存动画】按钮，将结果保存为 AVI 格式的视频文件，选择渲染器为 PhotoView，如图 10-43 所示。

步骤 4　保存动画

缩放 SolidWorks 软件的图形窗口，软件会调用当前窗口的高宽比，可以自己定义高宽

比，如图 10-44 所示。设置完成后单击【保存】，保存动画。

步骤 5　渲染

上一步骤设定每秒画面为 10 帧，动画总体时间为 5 秒，因此共有 51 帧需要用 PhotoView 渲染，在进度窗口会显示当前进度和预估的剩余时间，如图 10-45 所示。



图 10-43　选择渲染器



图 10-44　设置高宽比



图 10-45　【PhotoView 进度】对话框

步骤 6　查看视频文件

渲染结束后，会在步骤 4 中设定的保存位置文件夹中，看到后缀为 AVI 格式的视频文件。有合适的播放器就可以打开查看。

10.8　课后小结

本章介绍了 SolidWorks 的动画概念，用不同的实例表现动画的多种制作方法和不同的表现效果，最后使用专业的 PhotoView360 插件输出最终渲染结果。

10.9　课后练习

练习 1

打开本章“练习 1”文件夹下的“凸轮机构 . SLDASM”文件，添加旋转马达以驱动整个机构，效果见动画“凸轮机构 . gif”，如图 10-46 所示。


注意

添加机械配合-齿轮装配关系。

练习 2

打开本章“练习 2”文件夹下的“牛顿摆.SLDASM”文件，添加重力和接触，效果见动画“牛顿摆.gif”，如图 10-47 所示。

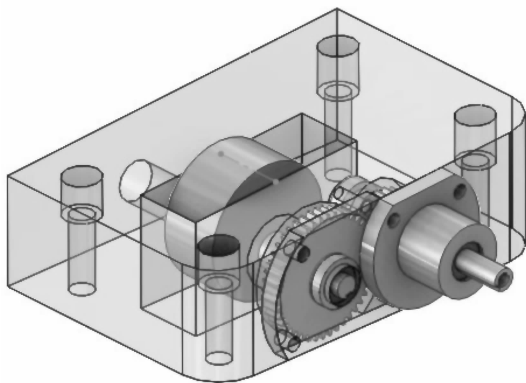


图 10-46　凸轮机构

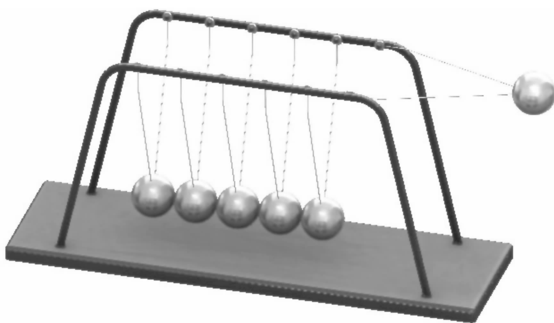


图 10-47　牛顿摆



由于有力的传递，算例类型为 Motion 运动，接触属性中的恢复系数为 1。

练习 3

打开本章“练习 3”文件夹下的“锯床装配体.SLDASM”文件，制作锯床切割零件的动画，效果见动画“锯床装配体.gif”，如图 10-48 所示。

练习 4

打开本章“练习 4”文件夹下的“飞行器.SLDASM”文件，给四个“旋翼”添加转动马达，速度为 100r/min，将结果用 PhotoView 渲染，输出为视频文件，效果见动画“飞行器.gif”，如图 10-49 所示。

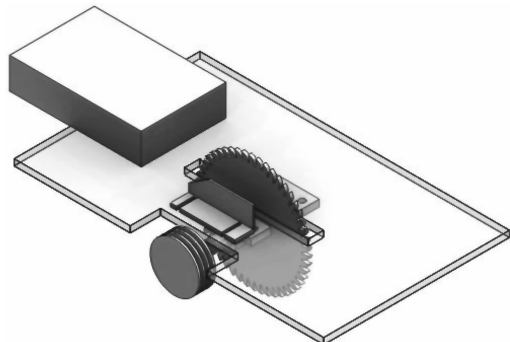


图 10-48　锯床装配体



图 10-49　飞行器

第 11 章　SolidWorks eDrawings

【学习目标】

- 用 SolidWorks eDrawings 查看模型
- 用 SolidWorks eDrawings 查看工程图
- 转为可执行文件
- 使用测量、批注等工具

11.1　概述

现今的制造业已经是社会化大生产，不同的企业有不同的分工，他们之间的产品交流如何进行？过去，二维工程图和工程师的描述是主要的方式。这种方式可能会产生误解，而且对人员素质的要求不低，中间交流成本过高。现在流行的三维软件很多，不同厂商之间不一定是一种软件平台，而且还涉及产品图纸保密性等安全要求，这些交流缺陷催生了 SolidWorks eDrawings 软件。

通过 SolidWorks eDrawings 软件可以将不同三维软件生成的模型和工程图转为 SolidWorks eDrawings 支持的格式，其他公司就可以无缝地查看。本章只介绍针对 SolidWorks 平台发布、浏览和批注的功能，针对其他软件的发布功能请登录 eDrawings 官网了解，网站地址为：http://www.edrawingsviewer.com/。

11.2　文件类型

可以使用 SolidWorks eDrawings 生成、查看并共享 3D 模型和 2D 工程图。

11.2.1　可以直接打开的文件类型

- eDrawings 文件（*.eprt、*.easm、*.edrw）。
- SolidWorks 文件（*.sldprt、*.sldasm、*.slddrw）。
- DXF/DWG 文件（*.dxf、*.dwg），支持 2.5 到 2010 版本。
- 3DXML 文件（*.3dxml）。
- CALS 文件（*.cal、*ct1）。
- XML 纸张规格（XPS）文件（*.edrwx、*.eprtx、*.easmx）。
- Pro/ENGINEER 文件（*.prt、*.prt.*、*.xpr、*.asm、*.asm.*、*.xas）。
- STL 文件（*.stl）。
- SolidWorks 模板文件（*.prtdot、*.asmdot、*.drwdot）。

11.2.2　可以保存的文件类型

- 零件：*.eprt、*.zip、*.htm、*.exe、*.bmp、*.tif、*.jpg、*.png、*.gif。

● 装配体：＊. eprt、＊. zip、＊. htm、＊. exe、＊. bmp、＊. tif、＊. jpg、＊. png、＊. gif。

● 工程图：＊. eprt、＊. zip、＊. htm、＊. exe、＊. bmp、＊. tif、＊. jpg、＊. png、＊. gif。

11.2.3　如何保存 eDrawings 文件

在 SolidWorks 打开模型或工程图后，单击菜单【文件】/【另存为】，在下拉菜单中选择 eDrawings（＊. eprt，＊. easm，＊. edrw），选择保存；或直接单击【保存】按钮右边的下拉箭头，选择【出版 eDrawings 文件】，如图 11-1 所示，将自动打开 eDrawings 浏览器，然后保存即可。如果有多配置的零部件，还要选定要输出的配置。



保存时可对【选项】和【密码】进行设置，如图 11-2 所示。



图 11-1　保存为 eDrawings 文件

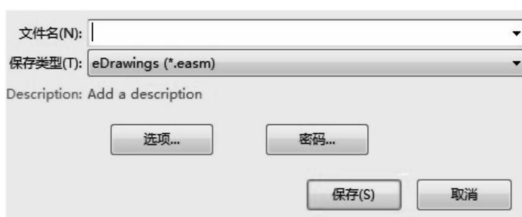


图 11-2　【选项】和【密码】设置选项

【选项】设置，如图 11-3 所示。

指定打开文件，需要设置密码，如图 11-4 所示。

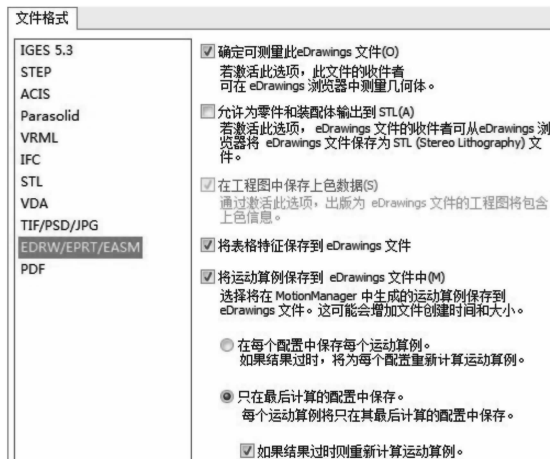


图 11-3　【选项】设置

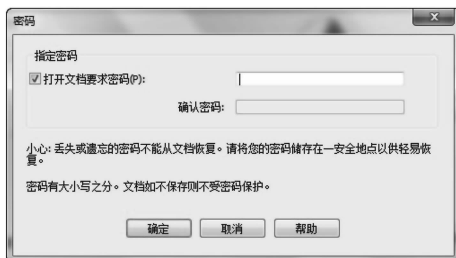


图 11-4　【密码】设置

11.3　软件界面

软件界面如图 11-5 所示。

单击菜单【视图】/【工具栏】，选择【大图标】可方便查看工具条。图标下会显示命令的注释，如图 11-6 所示。



图 11-5 软件界面



图 11-6 更改为【大图标】

与 SolidWorks 软件类似，当鼠标指针悬停在某个图标一段时间后，会显示该图标的含义，如图 11-7 所示。



图 11-7 显示图标含义

11.4 阅览批注 3D 模型

步骤 1 打开文件

用 SolidWorks 软件打开装配体模型“机械手”，如图 11-8 所示。

步骤 2 选择保存类型

切换到【运动算例 1】标签，运动设置和爆炸视图已经完成，单击【另存为】按钮，在“保存类型”下拉列表中选择【eDrawings（*.easm)】，如图 11-9 所示。

步骤 3 设置保存选项

单击【选项】按钮，打开【输出】选项卡，确保勾选【确定可测量此 eDrawings 文件】和【将运动算例保存到 eDrawings 文件中】两个选项，如图 11-10 所示。确定后保存文件。



图 11-8　机械手



图 11-9　选择保存类型

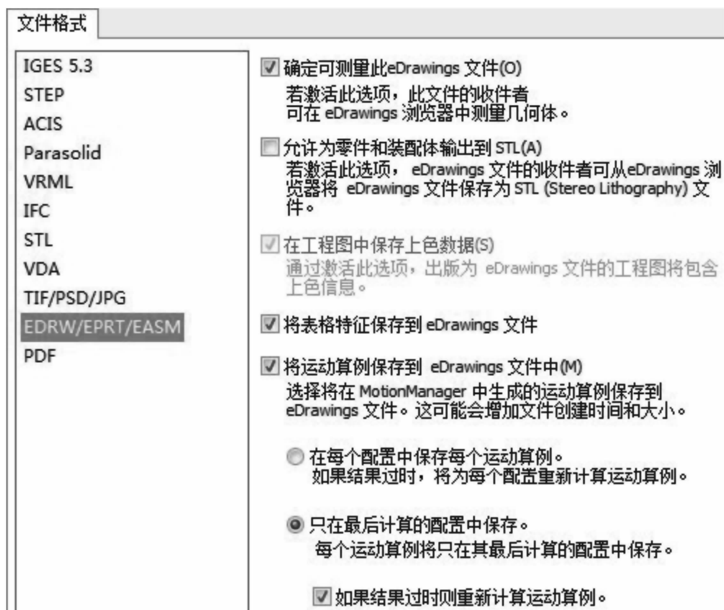


图 11-10　设置保存选项

步骤 4　打开保存的文件

打开 SolidWorks eDrawings 程序，单击【打开】按钮，打开刚才保存的文件，如图 11-11 所示。

步骤 5　查看零部件设计树

在【零部件】标签中可以看到装配体的层结构，单击【移动零部件】按钮，可以在图形区域中任意拖拽零部件；单击【显示爆炸】按钮，可以将在 SolidWorks 中的爆炸视图显示，如图 11-12 所示。

右击模型树中的零部件可以隐藏或透明显示该零部件。

步骤 6　将动画重新排序

单击工具栏中的【连续播放】按钮，可以看到动画方式显示各个视图，视图切换的顺序可以通过【将动画重新排序】按钮中的【上移】按钮和【下移】按钮来修改，如图 11-13 所示。



图 11-11　打开保存的文件



图 11-12　零部件设计树

步骤 7　切换配置

在【配置】标签中可以看到不同配置的零部件以及不同的显示状态，如图 11-14 所示。在图形窗口中也可以通过【配置】标签进行切换。



图 11-13　将动画重新排序



图 11-14　切换配置

步骤 8　设置标注

在【标注】标签中可以标注尺寸，插入图片，添加注释，绘制几何图形等，如图 11-15 所示。

步骤 9　测量

在【测量】标签中，单击【激活测量】按钮，在图形区域中选择要测量的几何图形，如图 11-16 所示。

步骤 10　插入横断面

在【横断面】标签中，单击【插入横断面】按钮，选择参考面或实体面，如图 11-17 所示。

步骤 11　播放“运动算例 1”

在【动画】标签中，播放由 SolidWorks Motion 创建的动画，如图 11-18 所示。



图 11-15　标注标签



图 11-16　测量



图 11-17　插入横断面



图 11-18　播放“运动算例 1”

步骤 12　添加戳记

在【戳记】标签中，可以添加如【批注】、【机密】、【草稿】等戳记，如图 11-19 所示。



图 11-19　添加戳记


注意

保存 eDrawings 文件后，戳记会永久保留，不可删除。

11.5 查看和交流

设置好批注和戳记的 eDrawings 文件在保存完成后可发给审阅者。审阅者安装 eDrawings 播放器即可打开查看 3D 模型和批注。

如果审阅者的计算机没有安装 eDrawings 或不能上网下载播放器，可以用 eDrawings Professional 将其保存为扩展名为“*.exe”的可执行文件，这样只需双击就可打开。此可执行文件包含了播放器程序，因而文件大小会增加。



图 11-20 【激活测量】选项



此处也有【激活测量】的选项，如图 11-20 所示。

不同的审阅者在同一个 eDrawings 文件中批注后会比较混乱，不易区分各自的批注。审阅者可以单击【文件】菜单中的【保存批注】，将自己的意见保存为单独的批注文件，这样每个审阅者的意见就可独立查看。

11.6 阅览批注工程图

步骤 1 打开工程图文件

打开 eDrawings 工程图文件“*.edrw”，如图 11-21 所示。

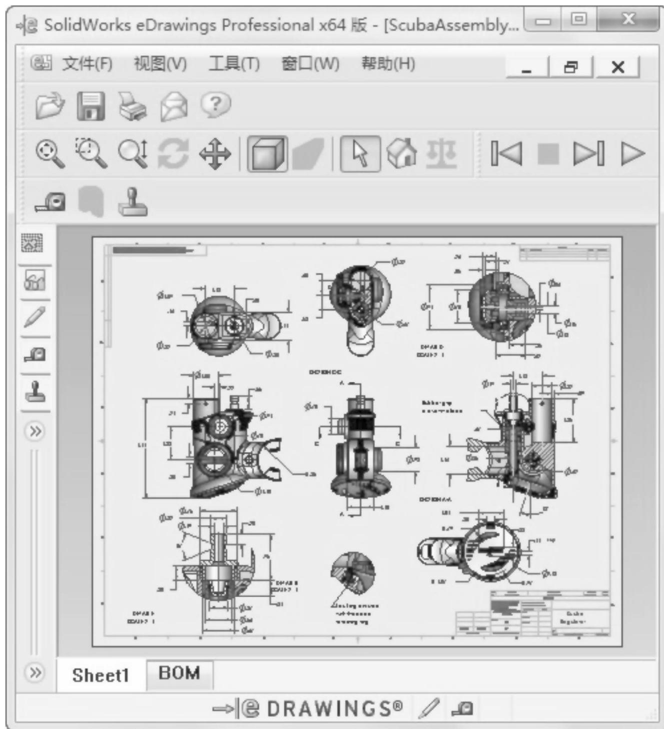


图 11-21 工程图文件

步骤 2　切换不同的图纸

看到的软件界面和刚才的不一样，“零部件”标签变为“图纸标签”。此工程图包括两张图纸“Sheet1”和“BOM”，每张图纸下又有不同的视图，双击即可在图形区域放大查看，如图 11-22 所示。也可以在视图中单击下面的图纸标签进行切换。

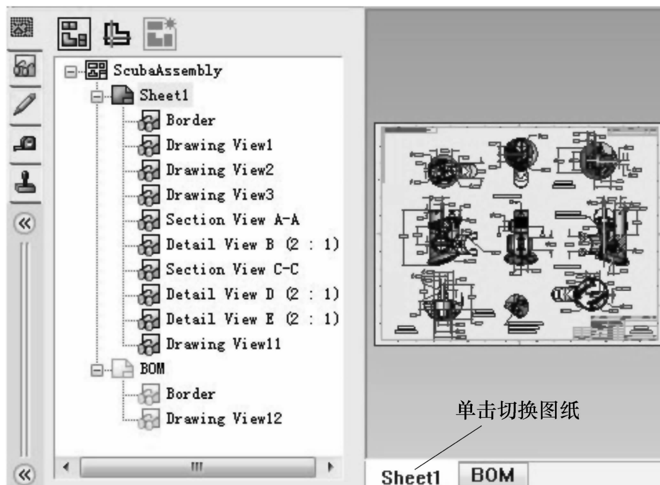


图 11-22　切换不同的图纸

步骤 3　快速切换视图

在软件中双击“视图标识”，比如剖切符号，视图标签等，可以快速切换视图。


注意

图 11-23 所示鼠标手指的位置。

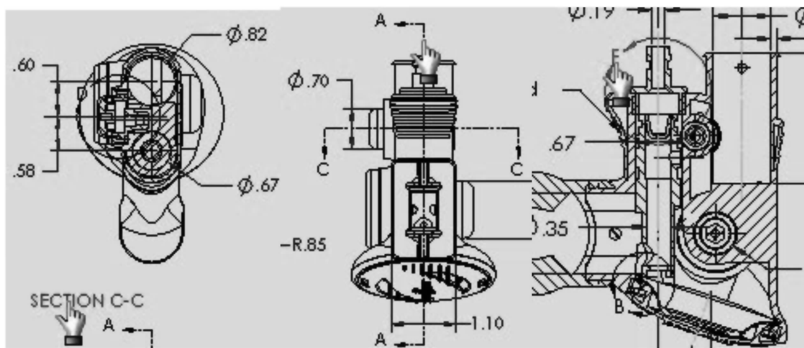


图 11-23　切换视图

步骤 4　查看视图的 3D 模型

单击某一视图出现绿色选中框，这时单击工具栏中的【旋转】按钮，可以看到此视图的 3D 模型状态，如图 11-24 所示，此时的测量操作也可以进行。单击【主页】按钮则可回到工程图状态。


提示

其他的操作和 3D 模型中的操作类似。

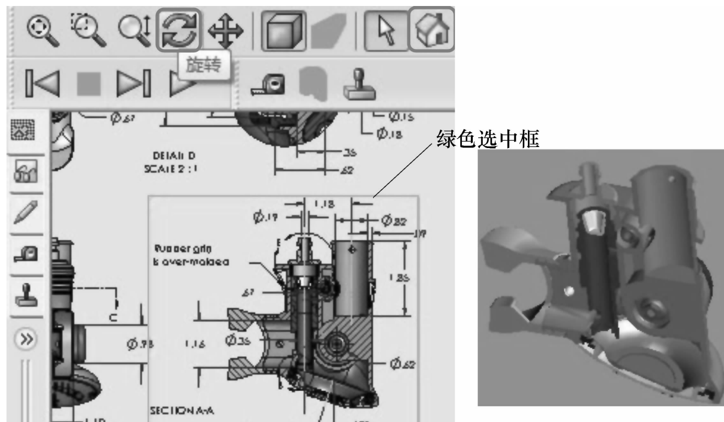


图 11-24 查看视图的 3D 模型

11.7 模型的显示方式

11.7.1 上色

在【视图】菜单中选择【上色】或单击【上色】按钮，结果如图 11-25 所示。

11.7.2 取消上色

在【视图】菜单中取消选择【上色】，结果如图 11-26 所示。

11.7.3 上色时显示边线

在【视图】菜单中选择【上色时显示边线】，结果如图 11-27 所示。



图 11-25 上色显示

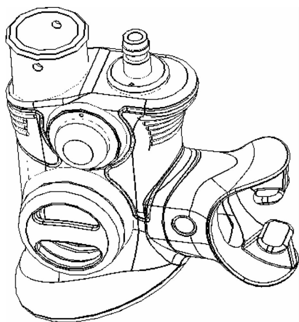


图 11-26 取消上色显示

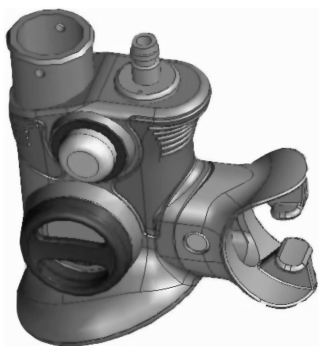


图 11-27 上色时显示边线

11.8 课后小结

通过本章的练习，学会用 SolidWorks 生成 eDrawings 文件，打开阅览 eDrawings 文件，以及用 eDrawings 交流设计等。

11.9　课后练习

练习 1

打开上一章（第 10 章）“实例”文件夹下“5 手表渲染动画”中的装配体“Watch”（见图 11-28），并将其保存为 eDrawings 文件，注意动画也要保存。练习使用 eDrawings 的各种工具，如【剖面】、【测量】、【动画】等。

练习 2

打开本章“练习”文件夹中的各种 eDrawings 文件（见图 11-29），练习课程提到的工具栏的使用和交流工具如【标注】、【戳记】等。



图 11-28　Watch

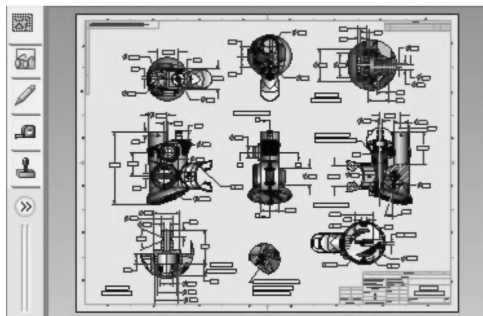


图 11-29　eDrawings 文件

第 12 章　分 析 工 具

【学习目标】

- 理解静力分析
- 使用简单静力分析
- 会输出各种分析结果
- 根据结果优化设计
- 生成算例报告

12.1　概述

早期的产品设计一般是根据工程师的经验，对产品模型和工作情况进行简化，然后根据力平衡和几何结构等做出数学方程，限于计算能力和理论模型，简化后计算结果和实际工况会有很大差异，因而产生了不少不合理的产品，成本和安全可靠性都难以得到平衡和保证。

对于产品结构如何改进，是否安全，可否减重，材料是否合适和经济等问题，随着有限元等技术的发展已得以解决。



本章提到的应力应变的概念请参考材料力学等课程。

12.2　SolidWorks 软件中的分析工具介绍

SolidWorks 软件中的实体分析工具为 SolidWorks Simulation，主要有以下分析功能：静力分析、频率、屈曲、热力、跌落测试、压力容器、疲劳、非线性、线性动态。

SolidWorks 软件中的流体分析工具为 SolidWorks Flow Simulation，用于各种流场分析，并涵盖专业的电子散热和通风采暖模块。

SolidWorks 软件还包含了面向塑件设计工程师和模具设计工程师的模流分析工具 SolidWorks Plastics。

本章只介绍 SolidWorks Simulation 静态分析中的常用功能。

12.3　如何找到分析工具

在 SolidWorks 中，Simulation 分析工具以插件形式存在，单击【菜单】/【工具】/【插件】中，勾选“SolidWorks Simulation”，如图 12-1 所示。



图 12-1　打开“SolidWorks Simulation”插件

12.4　分析实例

以托架为实例进行分析，该托架由合金钢制作，在两个孔处固定，并载有 7MPa 的压力，如图 12-2 所示。



图 12-2　托架

步骤 1　打开模型

打开本章“实例”文件夹下的模型“托架.SLDPRT”。

步骤 2　分析假设类型

静力分析算例要符合以下假设：

（1）静态假设　所有载荷被缓慢且逐渐加载，直到它们达到其完全量值。在达到完全量值后，载荷保持不变（不随时间变化）。由于加速度和速度很小，可忽略不计，因此这种假设允许忽略惯性和阻尼力。引起相当大的惯性和（或）阻尼力的随时间变化的载荷可以使用动态分析。动态载荷随时间改变，在许多情况下会引起相当大的不能忽略的惯性和阻尼力。

（2）线性假设

1）载荷和所引起的反应之间的关系是线性的。

2）模型中的所有材料均符合虎克定律，即应力与应变成正比。

3）负载所引起的位移足够小，以致可以忽略由加载所造成的刚度变化。

4）在应用载荷的过程中，边界条件不会改变。载荷的大小、方向和分布必须固定不变。当模型发生变形时，它们不应该改变。

在此案例中，将实际工作的情况简化为最危险时的最大静态力，此时的计算结果偏于安全，且符合静态假设。

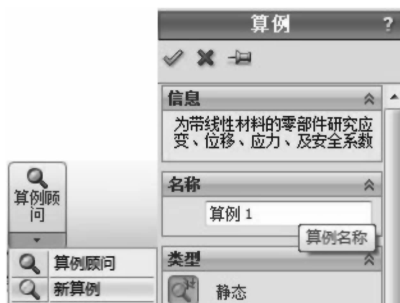


图 12-3　创建算例

步骤 3　创建算例

打开 Simulation 插件，然后打开命令管理器中的【Simulation】标签，选择【新算例】，在【类型】中选择【静态】，算例名称默认为“算例 1”，如图 12-3 所示。

创建完成后，单击按钮，软件界面发生了变化，如图 12-4 所示。



提示　可以通过算例标签切换不同的算例。

步骤 4　指定材料

如果在设计模型时已经选择了材料，会自动导进 SolidWorks Simulation 中。也可以在 SolidWorks Simulation 中设定材料，但不会对模型设计树中的材料设定产生影响。右击设计树中的【托架】实体，选择【应用】/【编辑材料】（也可以使用命令管理器中的【应用材料】），单击 SolidWorks 材料旁边的“+”，然后单击钢旁边的“+”并选择【合金钢】，单击应用并关闭。

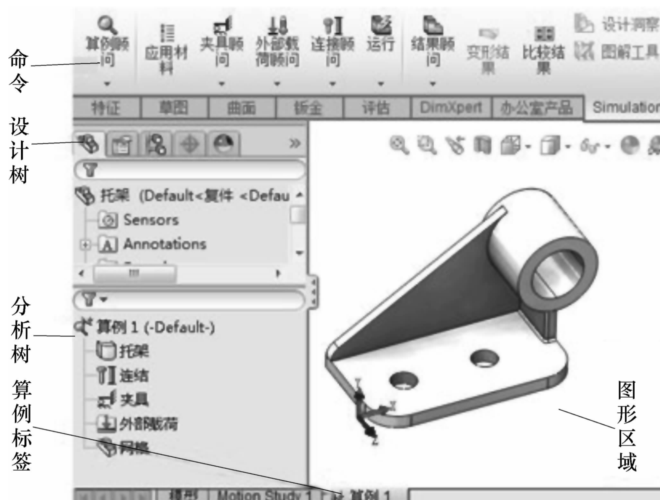


图 12-4 界面预览


注意

实体上的图标表示材料已经设定完成。

步骤 5 添加固定夹具

右击【夹具】，选择【固定夹具】，选择如图 12-5 所示的两个相同大小的孔。

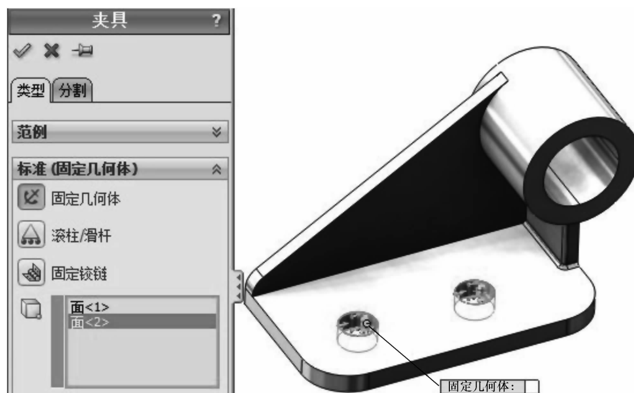


图 12-5 添加固定夹具

步骤 6 设置压力

右击【外部载荷】，选择【压力】，设置压强单位为 N/mm^2（MPa），输入值为 7。力的方向如图 12-6 所示。

步骤 7 设置网格

右击【网格】，选择生成网格，如图 12-7 所示设置网格参数。


注意

如果计算机配置不高，可以采用默认的网格密度进行练习（单击【重设】恢复默认网格密度），并取消勾选【网格参数】。



图 12-6　设置压力参数



图 12-7　设置网格参数

若想了解网格参数的更多内容，请单击网格属性管理器右上角的【帮助】按钮或者参与有关分析的进阶课程。

步骤 8　预览网格

单击按钮后，软件会按照设置的参数自动划分网格，网格化结束之后，网格化模型出现在图形区域中，如图 12-8 所示。

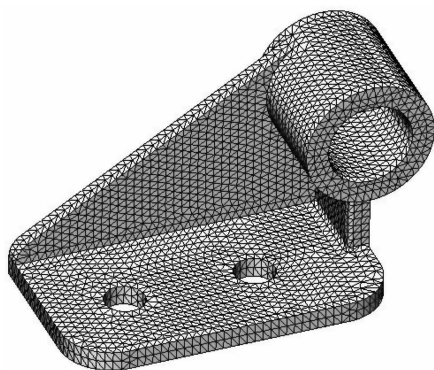


图 12-8　预览网格划分

步骤 9　隐藏夹具和载荷箭头

单击命令管理器中的【运行】按钮或右击分析树顶端，选择【运行】，完成后会在【结果】中显示。分别右击【夹具】和【外部载荷】，选择【全部隐藏】，将图形视图中的夹具和载荷箭头隐藏。

12.5　查看结果

步骤 1　显示应力图解

在分析树的【结果】中，双击【应力（-von Mises-）】显示应力图解，如图 12-9 所示。

应力图解附加在变形形状上生成。为展示变形形状，软件将最大变形缩放到模型边界框对角的 10%。在此例中，变形比例约为 11.6。

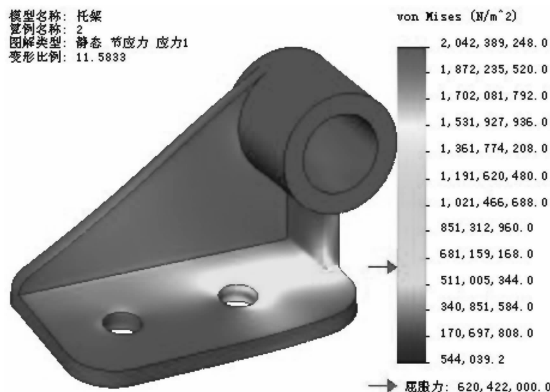


图 12-9　显示应力图解

步骤 2　显示位移图解

双击【位移（-合位移-）】显示位移图解，如图 12-10 所示。

步骤 3　保存动画

右击【结果】下的【位移（-合位移-）】，选择【动画】。单击按钮暂停播放动画，单击按钮停止播放动画，勾选【保存为 AVI 文件】将动画保存到指定位置，如图 12-11 所示。

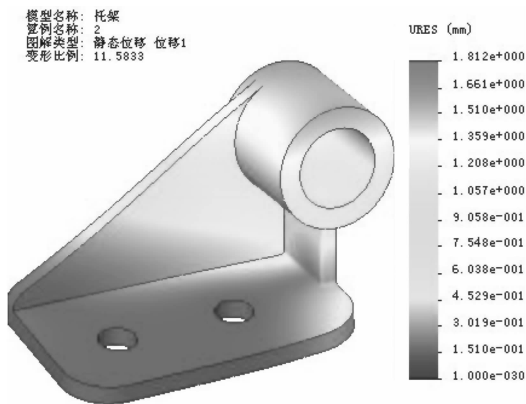


图 12-10　显示位移图解



图 12-11　保存动画

步骤 4　显示应变图解

双击【应变（-对等-）】显示应变图解，如图 12-12 所示。

步骤 5　定义安全系数图解

右击【结果】，选择【定义安全系数图解】，在 PropertyManager 中的【步骤 1（共 3 步）】下，选择准则中的【最大 von Mises 应力】。单击【下一步】按钮；在【步骤 2（共 3 步）】下，选择【屈服力】；单击【下一步】按钮；在【步骤 3（共 3 步）】下：选择【安全系数以下的区域】，在安全系数中输入 1；单击按钮，显示安全系数图解。安全系数小于 1 的区域（不安全区域）显示为红色。安全系数较大的区域（安全区域）显示为蓝色，如图 12-13 所示。

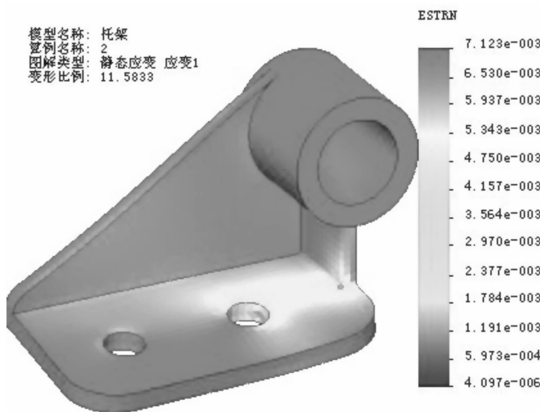


图 12-12　显示应变图解

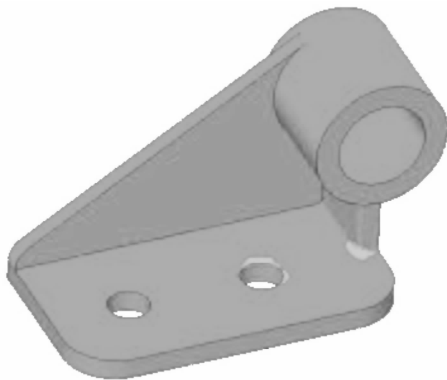


图 12-13　显示安全系数图解

步骤 6　生成报表

单击 Simulation 命令管理器中的【报表】按钮，选择要包含在报表中的内容，并填入标题信息，设定生成报告的位置，如图 12-14 所示。然后单击出版，软件会自动生成 Microsoft Word 文档。双击可查看文档。

至此，一个完整的分析过程结束。



图 12-14　设置报告选项

12.6　设计改进

前面为展示安全系数，故意将工作状态夸大，现修改为工件承载 3000N 的力，重新进行计算。根据分析结果，此产品还可以做进一步的改进，在提高可靠性的同时，减轻整体质量。

步骤 1　删除“压力-1”

右击【外部载荷】下的【压力-1】，选择【删除】，然后单击【是】，如图 12-15 所示。



图 12-15　删除“压力-1”

步骤 2　设置【力/扭矩】参数

右击【外部载荷】，选择【力】，选择图 12-16 所示的圆柱端面，并按图示进行设置，完成后单击按钮✓。

步骤 3　设置【应力图解】参数

接下来同本章 12.4 的步骤 7、8、9 操作一样。运算完成后，右击【应力】选择【编辑定义】，修改应力单位为 MPa，并单击按钮✓，如图 12-17 所示。

步骤 4　查看应力图解

如图 12-18 所示，应力集中区域最高为 477.4MPa，未超过屈服极限，由于应力集中区域有小特征圆角，查看模型圆角半径为 2mm，此处要有更小的网格大小，以获得更高的结果精度。

步骤 5　重设网格参数

右击网格，选择【应用网格控制】，选择四个圆角面，设定网格大小为圆角半径一半的尺寸 1.00mm，如图 12-19 所示。确定后直接单击【运行】按钮运行算例。

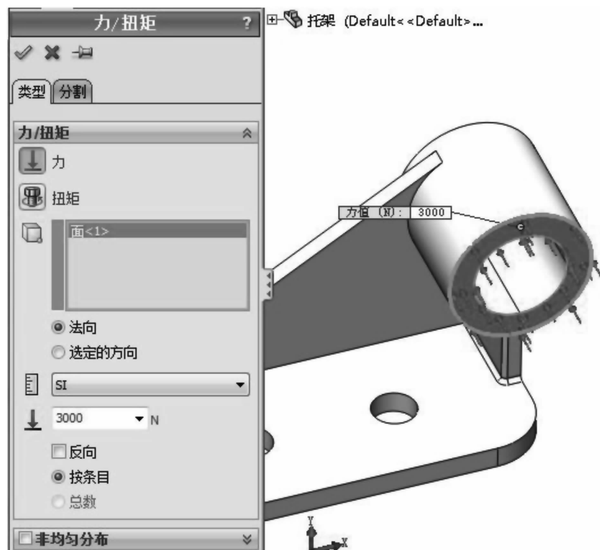


图 12-16　设置【力/扭矩】参数



图 12-17　设置【应力图解】参数

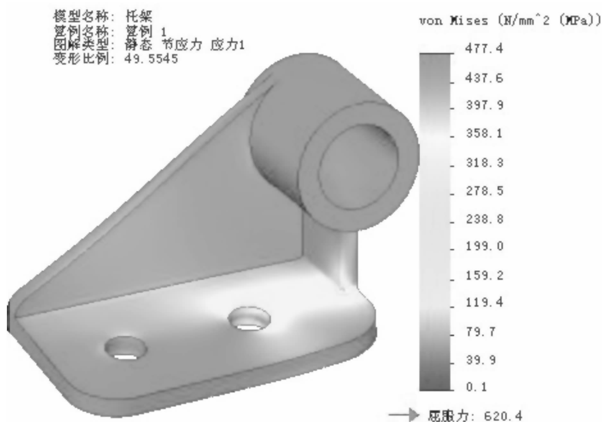


图 12-18　查看应力图解

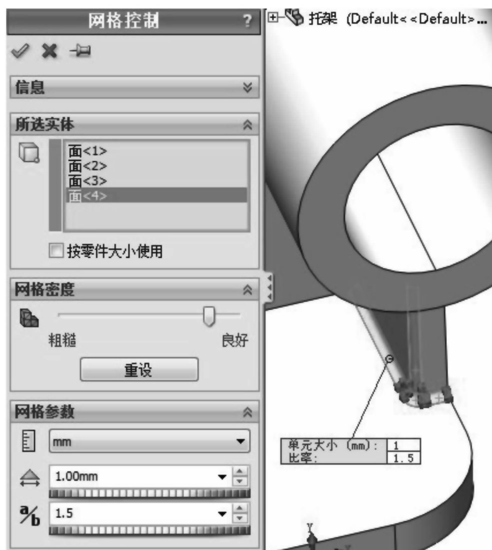


图 12-19　重设网格参数

步骤 6　显示应力结果

从图 12-20 中可以看到应力结果比上一次提高了不少，哪一次更精确呢？原理上网格越小，精度越高，但计算时间会越长。如果提高一次网格数量，相应的应力值变化在 5% 范围内，一般就可以接受了，不必再次提高网格数量。

步骤 7　改变模型

从图 12-20 中可以看到应力集中区域很小，应力大小也未超过屈服极限，但会对零件寿命有较大影响。本例的目标是控制应力大小不超过 350MPa。如何修改呢？可以先将圆角增大到 3mm，然后重新运算查看结果。切换到【模型】标签，编辑特征树中“圆角 1”，将圆角值改为 3.00mm，如图 12-21 所示。确定后，按组合键 <Ctrl + Q> 更新。

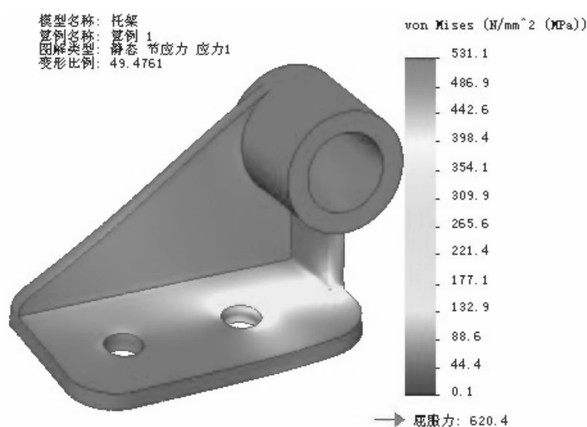


图 12-20　预览应力结果

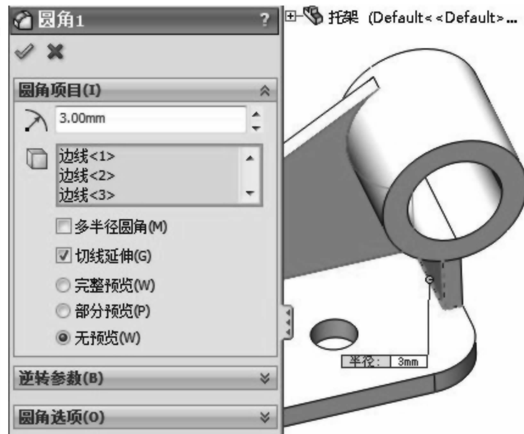


图 12-21　修改圆角参数

步骤 8　预览应力结果

由于模型发生变化，网格要重新划分。运算结束后，查看结果，如图 12-22 所示。可以看到局部应力已经降了 100 多 MPa，看来圆角对应力集中影响较大。

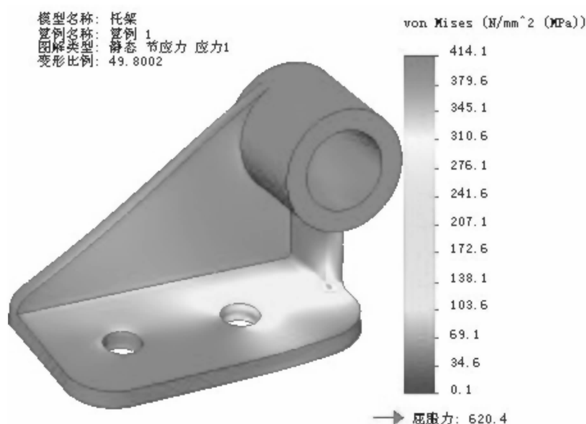


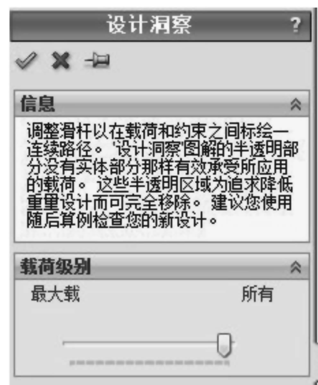
图 12-22　预览应力结果

步骤 9　查看设计洞察图解

右击【结果】，选择【定义设计洞察图解】，向右拖拽“等值”滑条，可以看到受力区域（蓝色）的变化，这个图解（见图 12-23）给予简化结构的设计方向，承载区域小（透明）的地方就可以简化掉。

步骤 10　创建拉伸切除特征

切换到【模型】标签，如图 12-24 所示，创建“拉伸切除”特征。



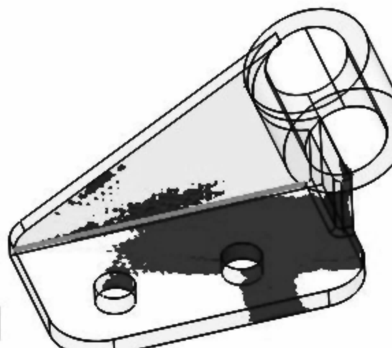


图 12-23　设计洞察图解

步骤 11　创建圆角

为避免尖角应力集中和考虑加工工艺，添加图 12-25 所示圆角，注意勾选【多半径圆

角】，给不同的边线添加不同的半径过渡。

注意

> 模型更改后要重新生成网格。

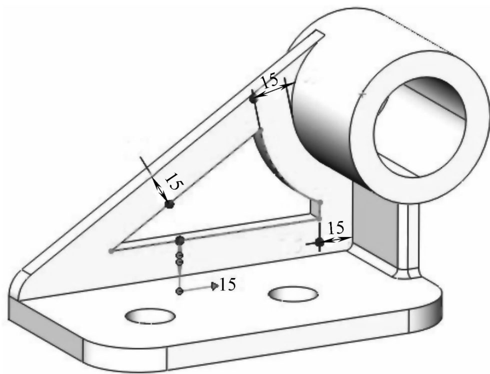


图 12-24　创建“拉伸切除”特征

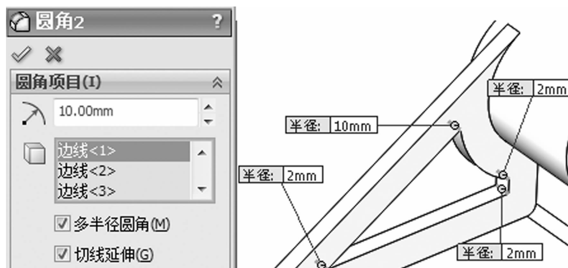


图 12-25　创建圆角

步骤 12　重新运算运动算例

重新运算后查看结果，如图 12-26 所示，可以看到应力最大值有所提升。

步骤 13　查看探测结果

右击【应力】，选择【探测】，在属性框中选择【在位置】，单击应力集中区域的某点，可以看到此处的应力具体值，如图 12-27 所示。

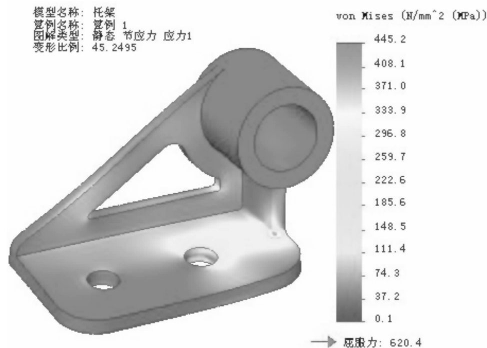


图 12-26　重新运算运动算例

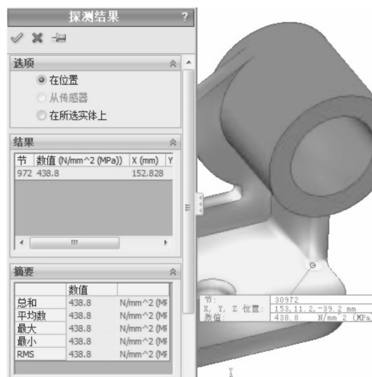


图 12-27　探测结果

步骤 14　显示所选边线的探测结果

在【探测结果】对话框中选择【在所选实体上】，然后选择右边孔的上边线，单击更新，结果中会列出边线上所有节点的应力值，如图 12-28 所示。

步骤 15　显示图解

在属性栏的【报告选项】中，单击按钮可以将探测结果保存为“传感器”以供优化设计时使用。单击【保存】按钮可将结果保存为 CSV 文件，可用 Excel 打开。单击【图解】按钮，可显示结果的分布情况，如图 12-29 所示。

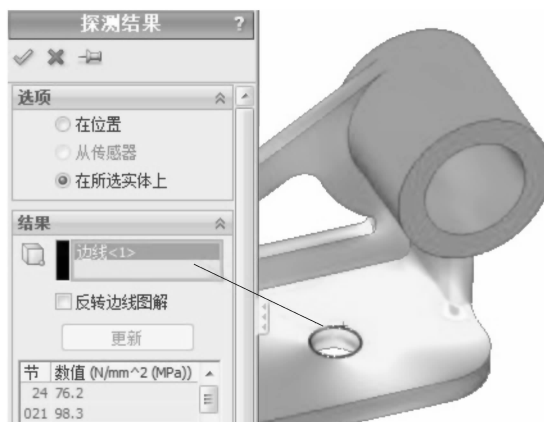


图 12-28 显示所选边线的探测结果

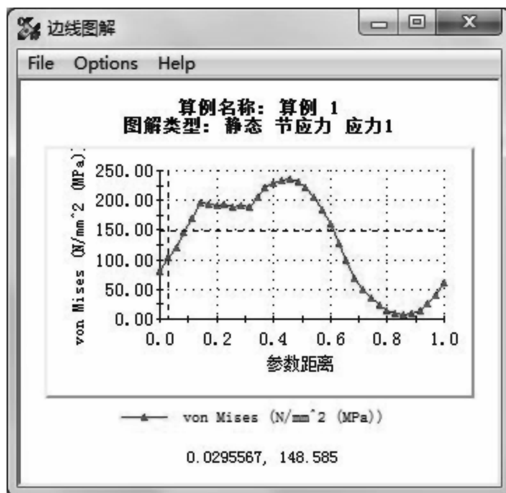


图 12-29 显示图解

12.7 设计优化

更改哪个尺寸值可以获得质量优化和应力优化的效果呢？有经验的工程师会自己去修改重要的敏感尺寸，比如圆角和承载壁的厚度，然后去一次次地测试分析和取舍结果。下面介绍一种方法，让软件自动计算出合适的结果。

步骤 1 生成新设计算例

在【算例】标签上右击，选择【生成新设计算例】，出现【设计算例 1】标签，如图 12-30 所示。

步骤 2 查看【设计算例 1】界面（见图 12-31）

变量视图选项组中各项的含义：

1）变量：定义模型中可以改变的尺寸，如壁厚、孔的直径、圆角半径等。设计变量为 SolidWorks 模型中选定的参数。



图 12-30 生成新设计算例

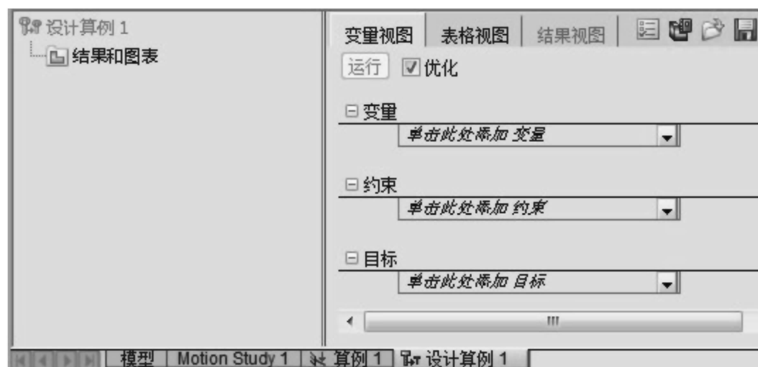


图 12-31 “设计算例 1”界面

2）约束：定义应力、挠度、频率等的合理变化范围，并指定变化范围的最小值和最大值。约束限制了优化的空间。

3）目标：优化的最终目的，可以使用最小质量、体积或频率，也可以使用最大频率或扭曲（如载荷因子）作为优化目标。在一个优化算例中，只能设定一个目标。

步骤 3　设置传感器参数

右击【目标】，选择【添加】，打开【目标】窗口。在【传感器类型】中选择【质量属性】。单击按钮✓，如图 12-32 所示。目标是使零件质量最小化。

步骤 4　添加筋厚度

在【变量】下拉菜单中选择【添加参数】，弹出【参数】对话框，此时图形视图里所有尺寸会自动显示以供选择。如图 12-33 所示，选择尺寸 8mm 并填入名称“筋厚度”。



图 12-32　设置传感器参数

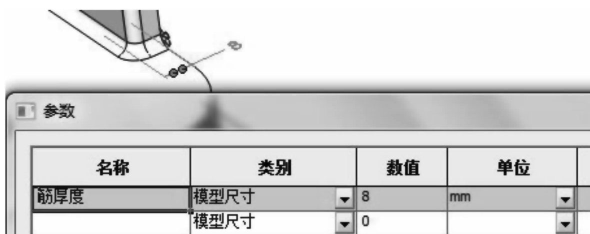


图 12-33　添加筋厚度

步骤 5　添加间距

重复以上步骤添加尺寸 15mm，名称为“间距 1”，如图 12-34 所示。

步骤 6　添加圆角

重复以上步骤添加圆角尺寸 3mm，名称为“圆角”，如图 12-35 所示。

步骤 7　设置参数

此处只选三个要优化的尺寸。单击确定后，筋厚度将默认添加，手动将其他两个变量添加进来。对三个变量进行如下设置：

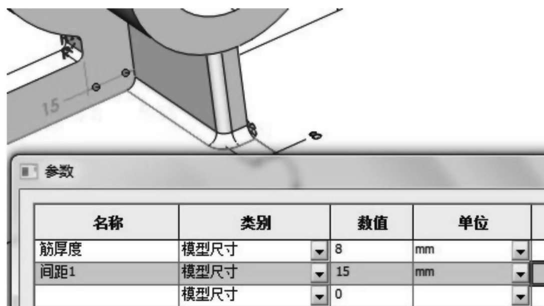


图 12-34　添加间距

“筋厚度”最小尺寸为 8mm，最大尺寸为 10mm，每次递增 1mm，共 3 种状况，3 个变量的状况数相乘共 24 种状况，如图 12-36 所示。



图 12-35　添加圆角



图 12-36　设置参数

步骤 8　删除度量

为简化计算量，本例将“间距 1”变量删除。



可以根据电脑性能和时间安排添加或减少变量。右击“间距 1”变量，选择【删除】，如图 12-37 所示。

步骤 9　设置传感器参数

单击【约束】的下拉菜单，选择【添加传感器】，自动切换到【传感器】属性框。在【传感器类型】中选择【Simulation 数据】，在【数据量】中选择【应力】及【VON：von Mises 应力】。

在【属性】中选择 N/mm^2（MPa）为单位，【准则】设为【模型最大值】，并将【步长准则】设置为【通过所有步长】，如图 12-38 所示，单击按钮✓。

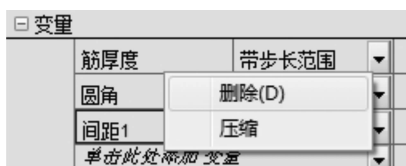


图 12-37　删除变量



图 12-38　设置传感器参数

步骤 10　选择基础算例

选择“应力 1”为基础算例，在下拉菜单中选择【小于】，然后输入 350N/mm^2（MPa）作为【最大】限制，如图 12-39 所示。这个约束将保证模型任何地方的 von Mises 应力都不会超过 350MPa。



图 12-39　选择“应力 1”为基础算例

步骤 11　运行算例

勾选【优化】，并单击【运行】，软件开始计算 12 个活动状况和当前、初始两个状况共 14 个算例，如图 12-40 所示。由于每次修改尺寸后要重新划分网格再运算，整个计算时间会比较长。



图 12-40　运行算例

12.8　优化结果

运算结束后，软件会自动显示最后的运算结果，包括初始和优化共 14 个状况。单击【优化（10）】，模型会自动更改为优化后的尺寸，如图 12-41 所示。在视图窗口中可以看到改变后的模型。

		当前	初始	优化 (10)
筋厚度		8mm	8mm	8mm
圆角		3mm	3mm	4.5mm
应力1	< 350 牛顿/mm^2	445.2325 牛顿/mm^2	445.2325 牛顿/mm^2	343.784 牛顿/mm^2
质量1	最小化	302.979 g	302.979 g	303.019 g

图 12-41　优化结果

对比最后的结果可以看到，实际上筋厚度没有圆角对最大应力的影响显著，然而这两个变量又对最终目标“零件质量”影响不是很大。有兴趣和时间的同学可以去掉“筋厚度”变量，添加拉伸切除特征的几个尺寸作为变量，以达到最终缩减产品质量的目的。

12.9　课后小结

本章通过简单实例介绍了一个零件分析和优化的整个流程，解释了网格大小和分析结果精度之间的关系，并通过实例给予了产品设计和改进的思路和依据。

12.10　课后练习

练习 1

打开“练习”文件夹下的“吊钩 . sldprt”模型（见图 12-42），材料为“合金钢”，吊孔圆柱面（蓝色）固定，吊钩上分割面（红色）承受负载为 1000kg，方向垂直于上视图向下（即 – Y 方向），求最大应力。

练习 2

根据练习 1 的计算结果，显示 Y 方向的最大位移，试着以直径 260mm 为变量，步长为 5mm，质量最小化为目标，高亮点的 Y 方向位移不超过 1mm 和应力不超过 180MPa 为约束，优化此设计，如图 12-43 所示。

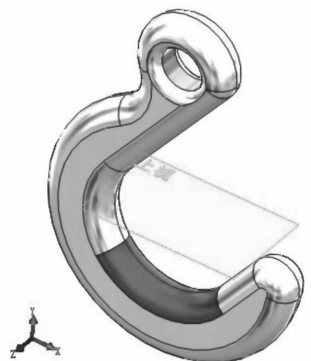


图 12-42　吊钩



图 12-43　吊钩

附　　录

附录 A　CSWA 测试样题讲解

质量-体积练习 1-1（25 分）

零件名称：Structure（见图 A-1）。

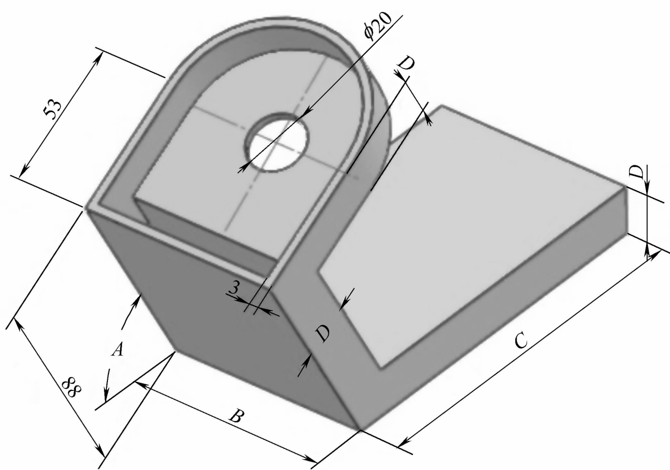


图 A-1　模型

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：红铜。

材料密度：0.0089g/mm^3。

$A=58°$，$B=60$，$C=135$，$D=20$。

此零件的质量为多少克？



该零件抽壳厚度为 3mm。

步骤 1　新建零件

如图 A-2 所示，新建一个零件。

步骤 2　设置零件环境

从菜单栏中选择【工具】/【选项】/【文档属性】/【单位】，如图 A-3 所示设置绘图环境，完成编辑后单击【确定】。

步骤 3　打开方程式管理器

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器，如图 A-4 所示。

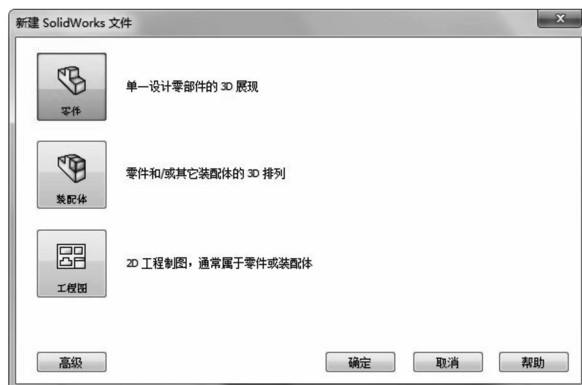


图 A-2　新建零件

单位系统

- MKS (米、公斤、秒)(M)
- CGS (厘米、克、秒)(C)
- MMGS (毫米、克、秒)(G)
- IPS (英寸、磅、秒)(I)
- 自定义(U)

类型	单位	小数	分数	更多
基本单位				
长度	毫米	.12		...
双尺寸长度	英寸	.12		...
角度	度	.12		
质量/截面属性				
长度	毫米	.12		
质量	克			
单位体积	毫米^3			
运动单位				
时间	秒	.12		
力	牛顿	.12		
力量	瓦	.12		
能量	焦耳	.12		

图 A-3　设置绘图环境



图 A-4　打开方程式管理器

步骤 4　创建全局变量

在方程式管理器中创建如图 A-5 所示的全局变量，创建完成后单击【确定】。

步骤 5　指定零件的材料

在设计树中右击【材料】/【编辑材料】，选择“铜”并单击【应用】，完成操作后单击【关闭】。



图 A-5　创建全局变量

步骤 6　绘制草图

选择前视基准面并绘制如图 A-6 所示的草图。

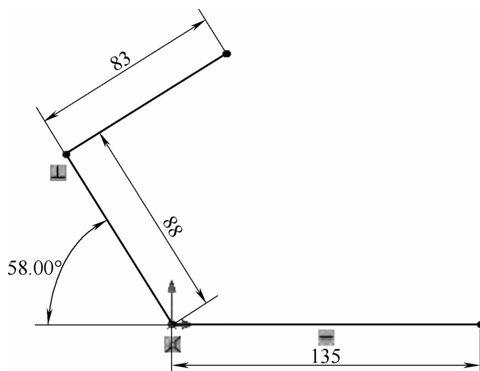


图 A-6　绘制草图

步骤 7　创建“拉伸-薄壁 1”特征

如图 A-7 所示，将“步骤 6”创建的草图拉伸。

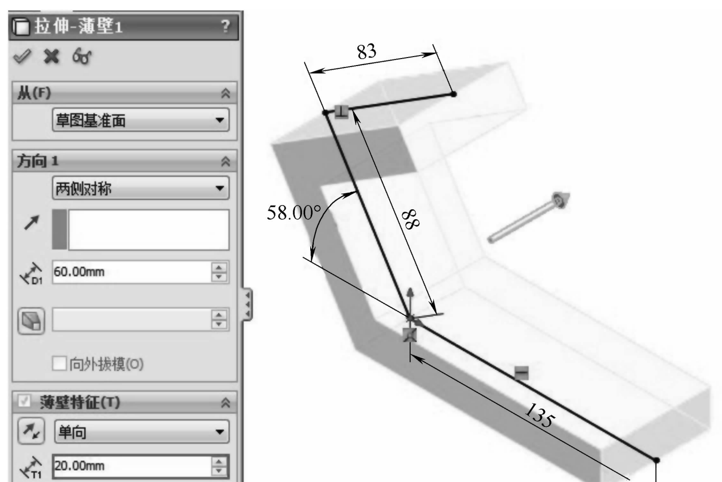


图 A-7　创建“拉伸-薄壁 1”特征

步骤 8　显示特征尺寸

如图 A-8 所示，在设计树中右击【注解】，选择【显示特征尺寸】，此时零件特征尺寸

将全部显示出来。



如果想隐藏特征尺寸，重复上述操作即可。

步骤 9　链接数值

在图形界面右击尺寸“135mm”并选择【链接数值】，如图 A-9 所示。在弹出的列表中选择变量 C。用同样的方法将尺寸 58、60、20 分别链接到变量 A、B、D。

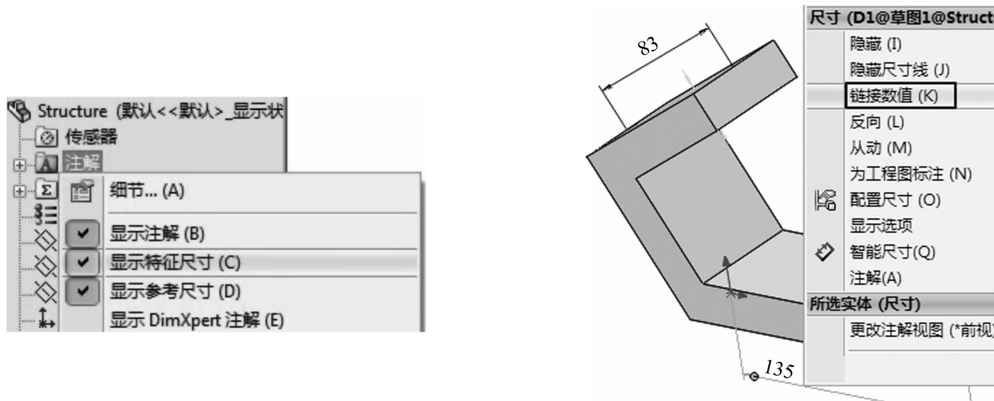


图 A-8　显示特征尺寸　　　　图 A-9　链接数值

步骤 10　创建“完整圆角”特征

如图 A-10 所示创建“完整圆角”特征。

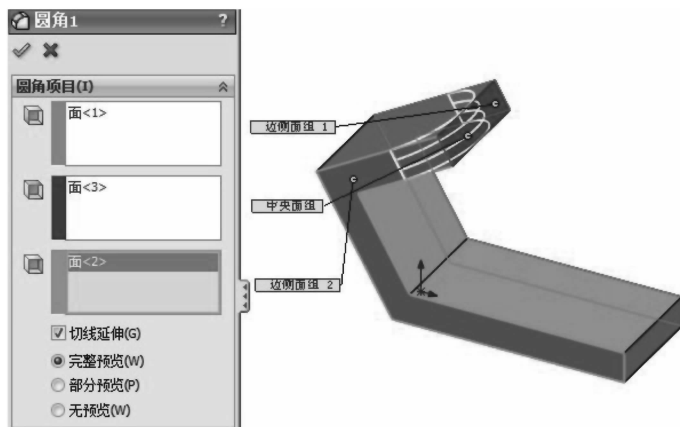


图 A-10　创建“完整圆角”特征

步骤 11　绘制草图

选择图 A-11 所示平面作为草图基准面并绘制与完整圆角同心、直径为 20mm 的圆。

步骤 12　创建“切除-拉伸 1”特征

使用“步骤 11”所绘制的草图创建“切除-拉伸 1”特征，如图 A-12 所示。

步骤 13　创建“抽壳”特征

如图 A-13 所示添加【抽壳】特征。

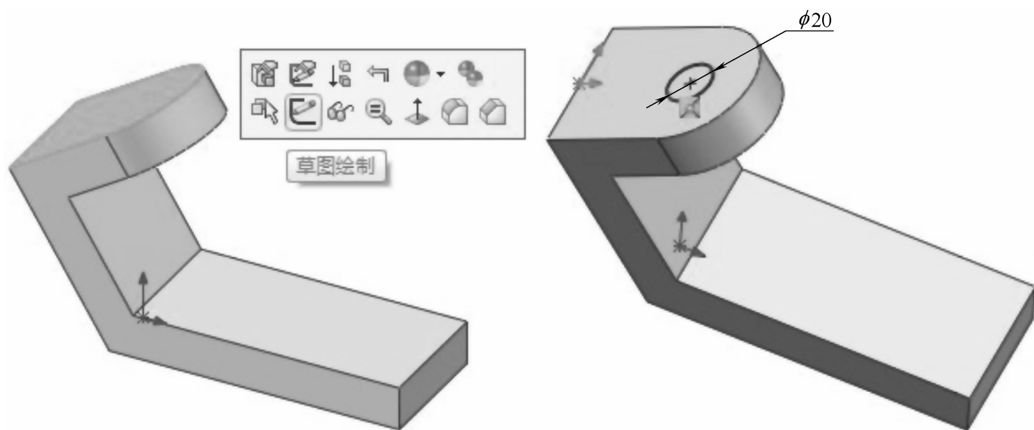


图 A-11　绘制草图

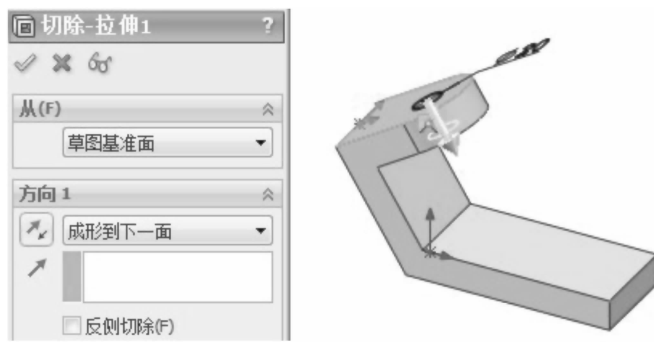


图 A-12　创建切除拉伸特征

步骤 14　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 A-14 所示。

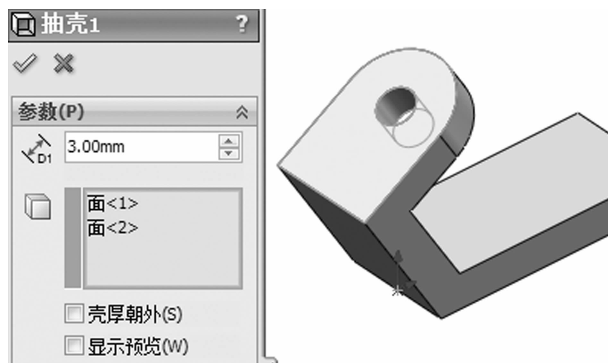


图 A-13　创建“抽壳”特征

Structure 的质量属性
配置：默认
坐标系：-- 默认 --

密度 = 0.009 克 / 立方毫米

质量 = 985.895 克

体积 = 110774.713 立方毫米

表面积 = 74819.047 平方毫米

重心：(毫米)
X = 35.081
Y = 32.107
Z = 0.000

图 A-14　质量属性

步骤 15　保存并退出零件

保存并退出零件，将其命名为“Structure”。

质量-体积练习 1-2（10 分）

零件名称：Structure（见图 A-15）
单位系统：MMGS。


图 A-15　模型

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：红铜。

材料密度：0.0089g/mm^3

$A=60°$，$B=70$，$C=130$，$D=17$。

此零件的质量为多少克？

步骤 1　打开零件

打开零件"Structure"。

步骤 2　更改全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器，如图 A-16 所示更改全局变量。

方程式、整体变量、及尺寸

过滤所有栏区

名称	数值/方程式	估算到	评论
⊟全局变量			
"A"	= 60	60	
"B"	= 70	70	
"C"	= 130	130	
"D"	= 17	17	
添加整体变量			
⊟特征			
添加特征压缩			
⊟方程式			

确定　取消　输入(I)...　输出(E)...　帮助(H)

自动重建　角度方程单位：度数　自动求解组序

链接至外部文件：


图 A-16　更改全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 A-17 所示。

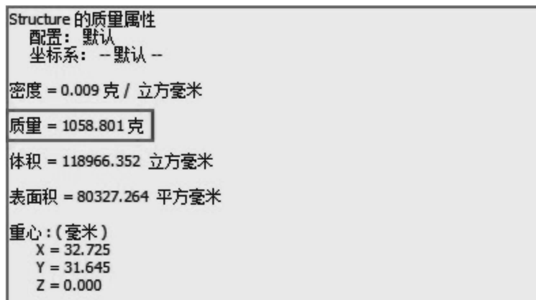


图 A-17　查看零件质量

步骤 5　保存并退出零件

质量-体积练习 1-3（25 分）

零件名称：Structure（见图 A-18）。

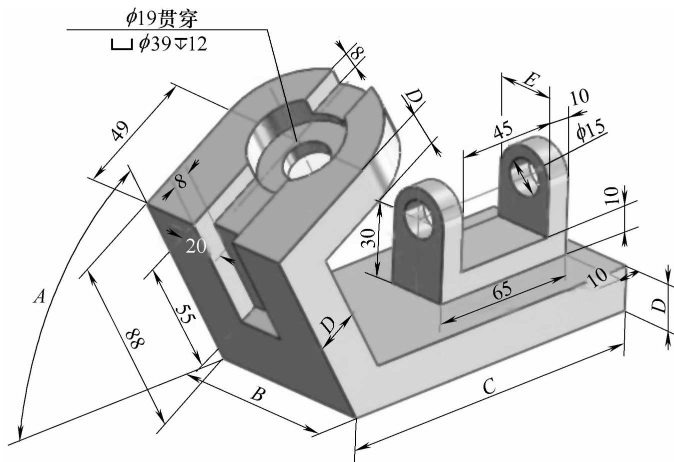


图 A-18　模型

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：红铜。

材料密度：0.0089g/mm³。

$A=60°$，$B=68$，$C=140$，$D=18$，$E=25$。

此零件的质量为多少克？

步骤 1　打开零件

打开零件“Structure”。

步骤 2　编辑方程式管理器

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，添加全局变量“E”，如图 A-19 所示，完成编辑后单击【确定】。

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

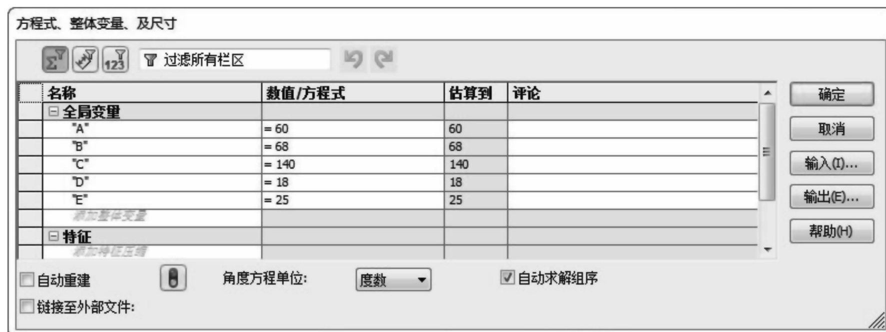


图 **A-19**　编辑方程式管理器

步骤 4　压缩特征

如图 A-20 所示，右击设计树中要压缩的特征并单击压缩按钮。

步骤 5　创建孔特征

打开异型孔向导，创建图 A-21 所示的孔特征，使用【同心】配合将孔位置完全定义。

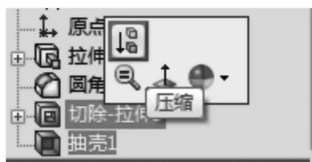


图 **A-20**　压缩特征

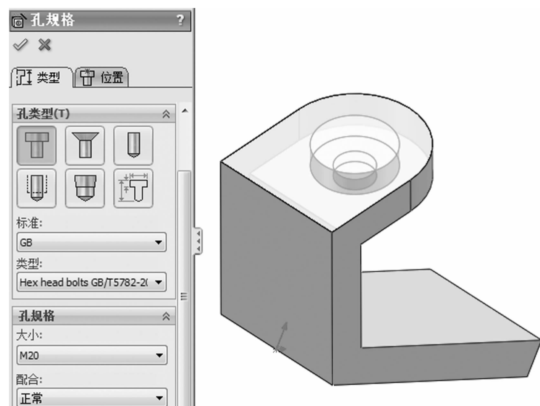


图 **A-21**　创建孔特征

步骤 6　绘制草图

选择“前视基准面”作为草图平面，绘制如图 A-22 所示草图。

步骤 7　创建“切除-拉伸”特征

使用“步骤 6”所绘制的草图创建“切除-拉伸”特征，如图 A-23 所示。

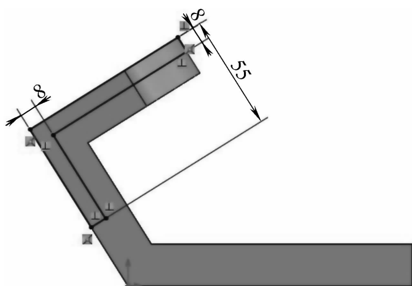


图 **A-22**　绘制草图

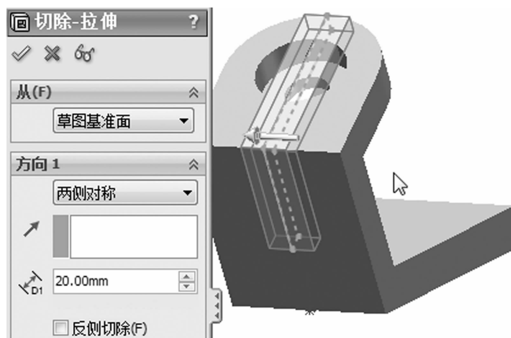


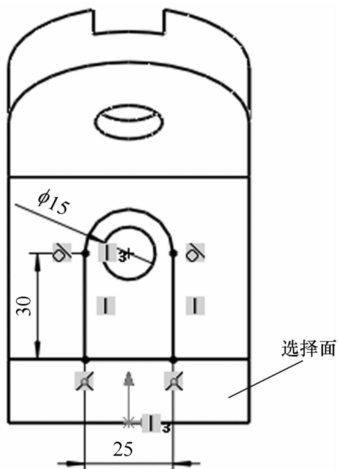
图 **A-23**　创建“切除-拉伸”特征

步骤 8　绘制草图

选择图 A-24 所示平面作为草图基准面并绘制草图。

步骤 9　链接数值

选择图 A-25 所示尺寸“25mm”，将其链接数值“*E*”。



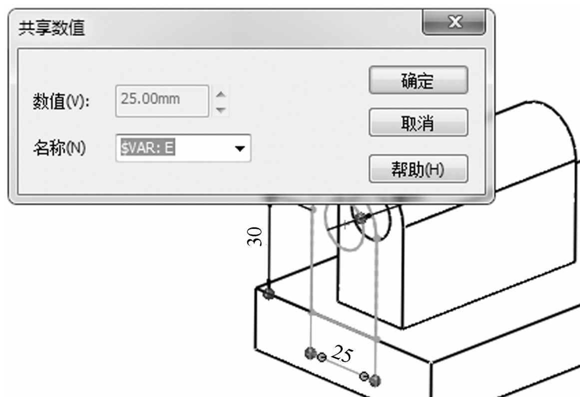


图 A-24　绘制草图　　**图 A-25　链接数值**

步骤 10　创建“凸台-拉伸”特征

使用“步骤 9”所绘制的草图创建图 A-26 所示的“凸台-拉伸”特征。

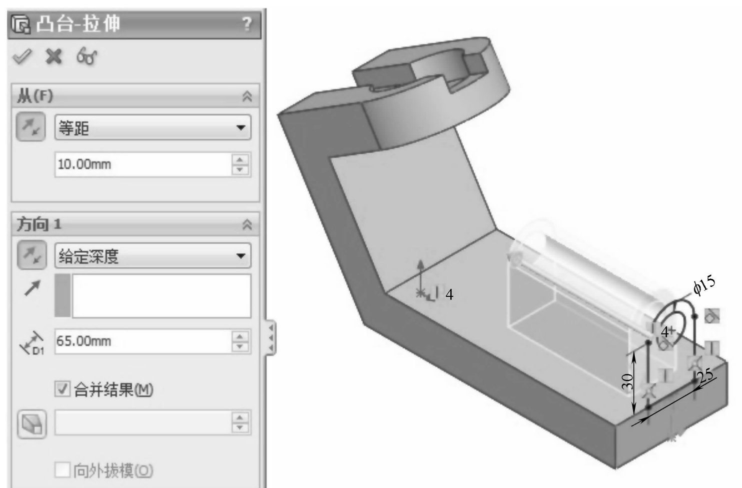


图 A-26　创建“凸台-拉伸”特征

步骤 11　绘制草图

选择前视基准面作为草图平面并绘制图 A-27 所示草图。

步骤 12　创建“切除-拉伸”特征

使用“步骤 11”所绘制的草图创建图 A-28 所示的“切除-拉伸”特征。

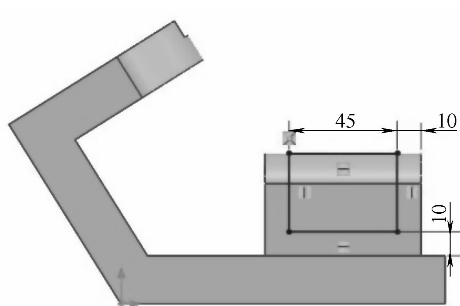


图 A-27　绘制草图

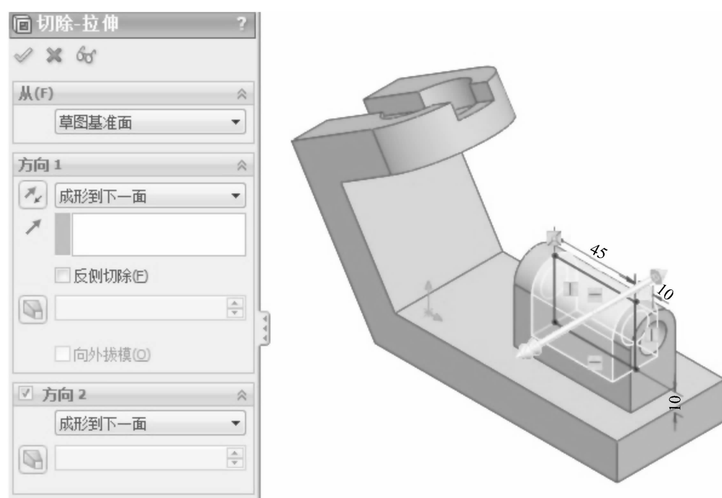


图 A-28　创建“切除-拉伸”切除

步骤 13　重建模型

完成切除拉伸特征，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 14　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 A-29 所示。

Structure 的质量属性
配置：默认
坐标系：-- 默认 --

密度 = 0.0089 克 / 立方毫米

质量 = 2970.8481 克

体积 = 333803.1581 立方毫米

表面积 = 57764.8063 平方毫米

重心：(毫米)
X = 40.2300
Y = 32.3332
Z = 0.0000

图 A-29　查看零件质量

步骤 15　保存并退出零件

质量-体积练习 1-4（10 分）

零件名称：Structure（见图 A-30）。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：黄铜。

材料密度：0.0085g/mm^3。

$A = 65°$，$B = 75$，$C = 130$，$D = 22$，$E = 35$。

此零件的质量为多少克？

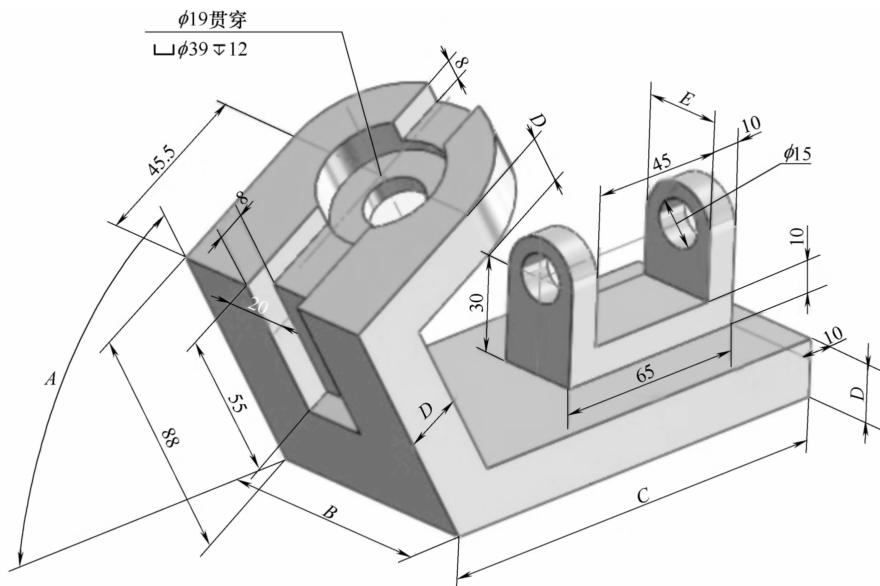


图 A-30　模型

步骤 1　打开零件“Structure”

步骤 2　更改全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，如图 A-31 所示更改全局变量。


方程式、整体变量、及尺寸

过滤所有栏区

名称	数值/方程式	估算到	评论
⊟全局变量			
"A"	= 65	65	
"B"	= 75	75	
"C"	= 130	130	
"D"	= 22	22	
"E"	= 35	35	
添加整体变量			
⊟特征			
添加特征压缩			

确定　取消　输入(I)...　输出(E)...　帮助(H)

☐自动重建　角度方程单位: 度数　☑自动求解组序

☐链接至外部文件:

图 A-31　更改全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 A-32 所示。

Structure 的质量属性
配置：默认
坐标系：-- 默认 --

密度 = 0.0089 克 / 立方毫米

质量 = 3734.6746 克

体积 = 419626.3628 立方毫米

表面积 = 61259.1473 平方毫米

重心：(毫米)
X = 38.1413
Y = 35.1708
Z = 0.0000

图 A-32　查看零件质量

步骤 5　保存并退出零件

质量-体积练习 2-1（25 分）

零件名称：Casting（见图 A-33）。

零件材料：铜。

单位系统：IPS。

材料密度：密度 =0.321 磅/立方英寸。
小数位数：3。
$A=4$、$B=3$、$C=2.85$、$D=0.26$。
零件原点：任意。
此零件的质量为多少磅？

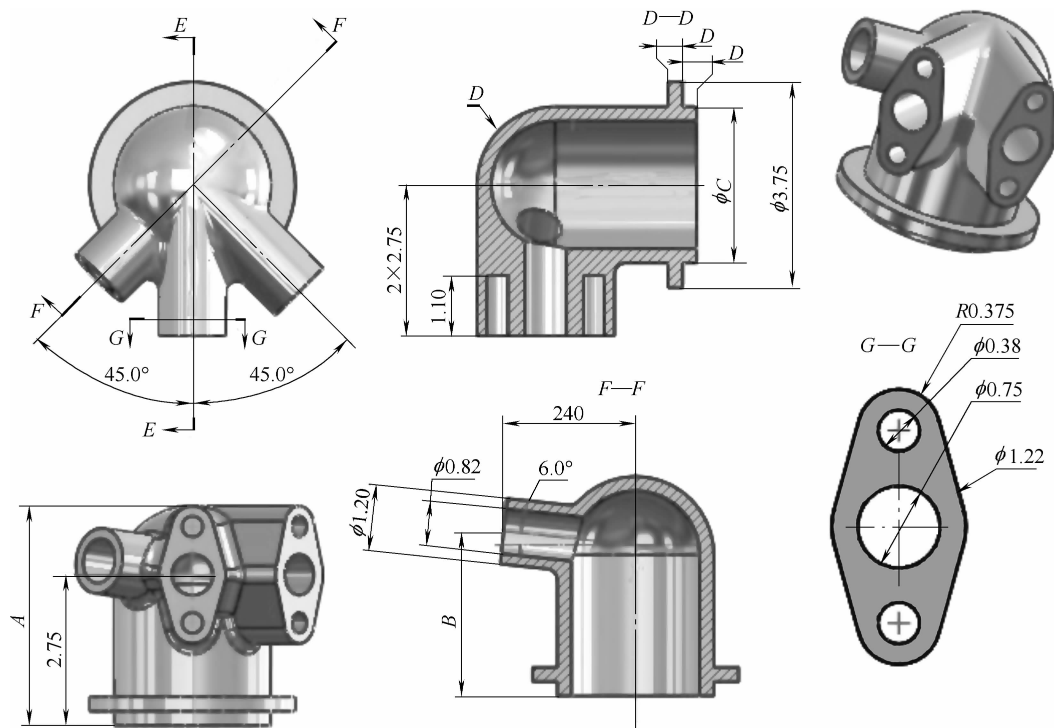


图 A-33　模型

步骤 1　新建零件

选择零件模板，创建一个零件。

步骤 2　设置零件环境

从菜单栏中选择【工具】/【选项】/【文档属性】/【单位】，设置题示的绘图环境。

步骤 3　打开方程式管理器

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器。

步骤 4　创建全局变量

如图 A-34 所示在方程式管理器中创建全局变量。



图 A-34　创建全局变量

步骤 5　指定零件的材料

在设计树中右击【材料】/【编辑材料】，在材料管理器中选择“铜”，然后单击【应用】/【关闭】。

步骤 6　绘制草图

选择前视基准面并绘制图 A-35 所示草图。

图 A-35　绘制草图

步骤 7　创建“旋转 1”特征

如图 A-36 所示，将“步骤 6”绘制的草图创建“旋转 1”特征。

图 A-36　创建旋转特征

步骤 8　链接数值

按题示要求,在设计树中右击相应尺寸,选择【链接数值】,添加数值链接,如图 A-37 所示。

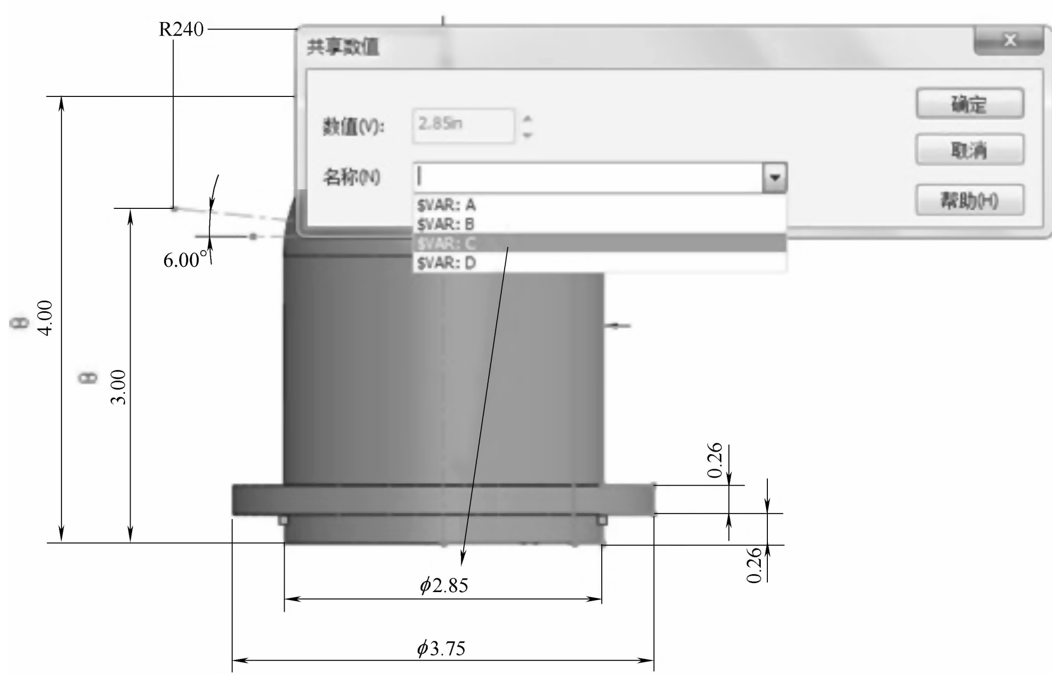


图 A-37　链接数值

步骤 9　创建“基准面 1”

使用“步骤 6”所绘制草图中的几何体创建图 A-38 所示基准面。

步骤 10　绘制草图

选择“步骤 9”创建的基准面作为草图平面，绘制图 A-39 所示草图。

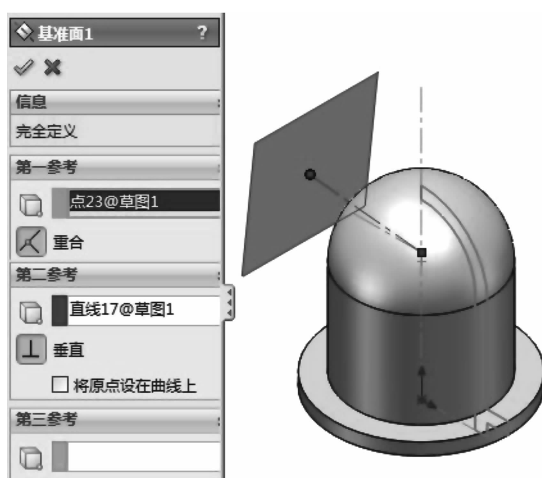


图 A-38　创建基准面

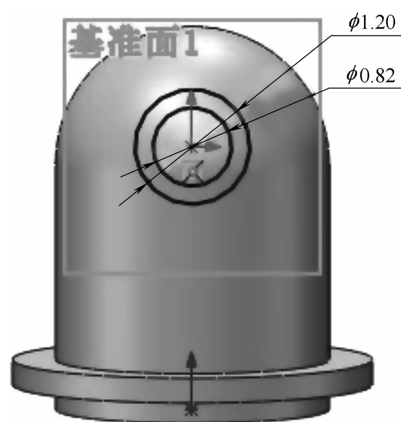


图 A-39　绘制草图

步骤 11　创建“凸台-拉伸 1”特征

选择“步骤 10”所绘制的草图创建“凸台-拉伸 1”特征，如图 A-40 所示。

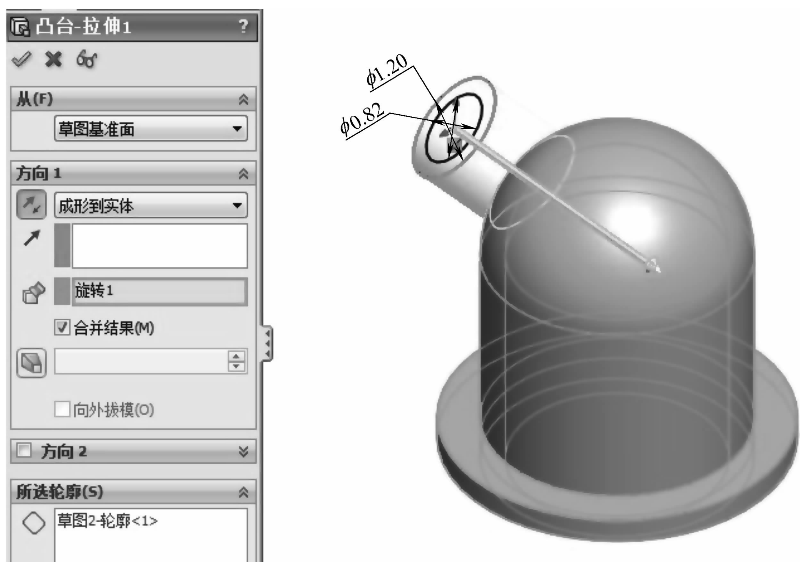


图 A-40　创建凸台拉伸特征

步骤 12　创建“切除-拉伸 5”特征

使用“步骤 10”绘制的草图创建“切除-拉伸 5”特征，如图 A-41 所示。

步骤 13　绘制草图

选择前视基准面作为草图平面，绘制图 A-42 所示草图。

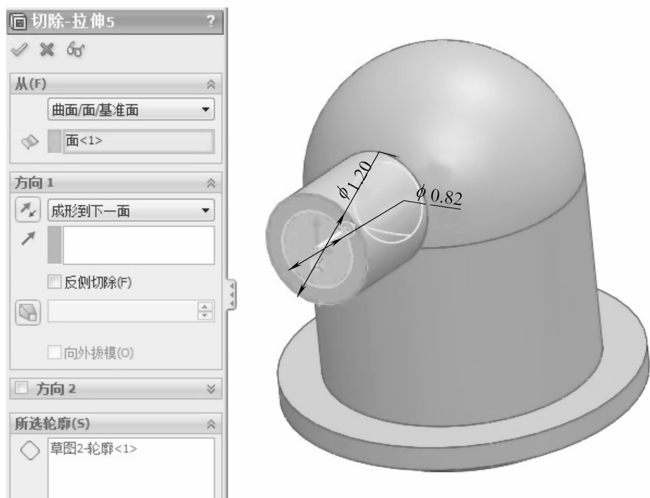


图 A-41　创建“切除-拉伸 5”特征

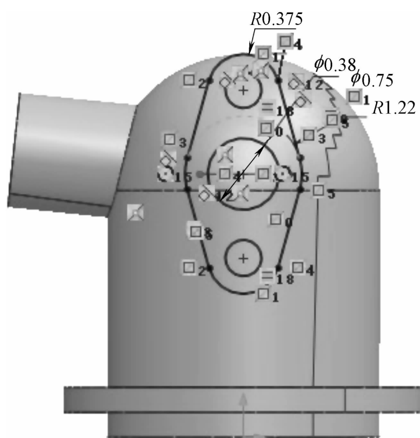


图 A-42　绘制草图

步骤 14　创建“凸台-拉伸 2”特征

使用“步骤 13”所绘制的草图创建“凸台-拉伸 2”特征，如图 A-43 所示。

步骤 15　创建“切除-拉伸 1”特征

使用“步骤 14”所绘制的草图创建“切除-拉伸 1”特征，如图 A-44 所示。

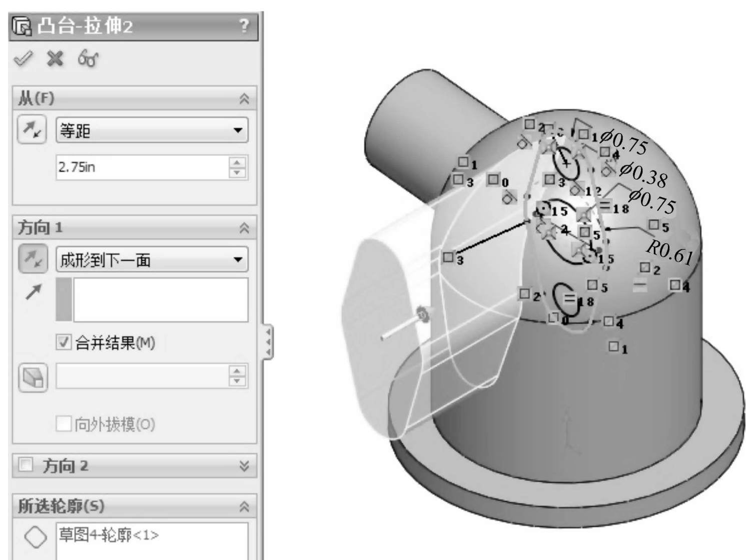


图 A-43　创建“凸台-拉伸 2”特征

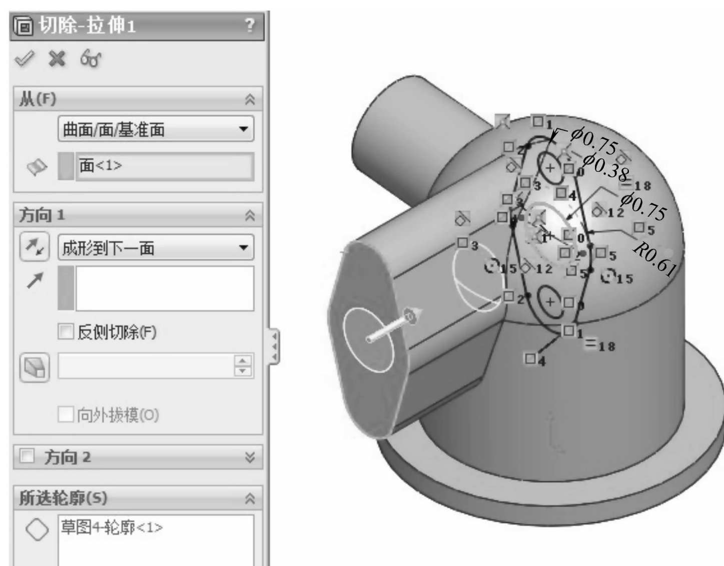


图 A-44　创建“切除-拉伸 1”特征

步骤 16　创建“切除-拉伸 2”特征

使用“步骤 15”所绘制的草图创建“切除-拉伸 2”特征，如图 A-45 所示。

步骤 17　阵列

使用圆周阵列创建图 A-46 所示阵列特征。

步骤 18　绘制草图

选择图 A-47 所示模型表面为草图平面，绘制图 A-48 所示草图。

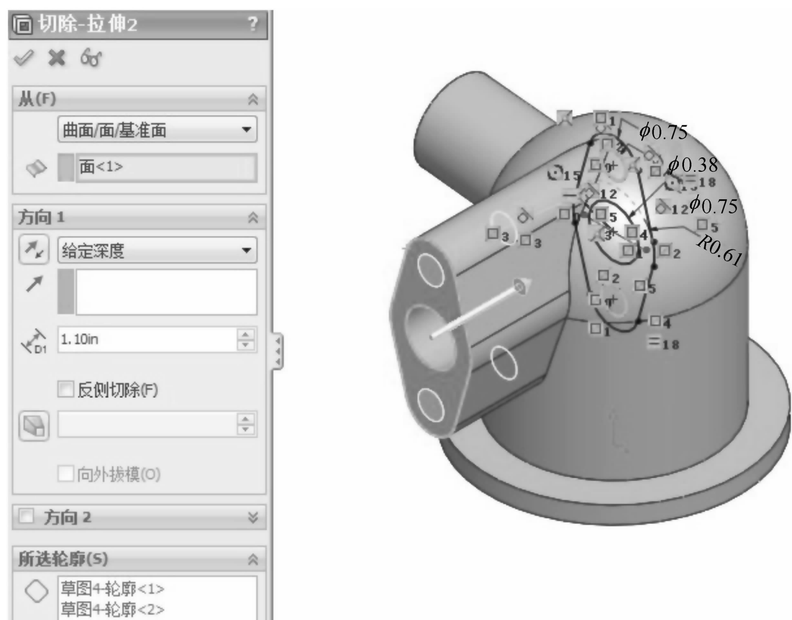


图 **A-45**　创建“切除-拉伸 **2**”特征

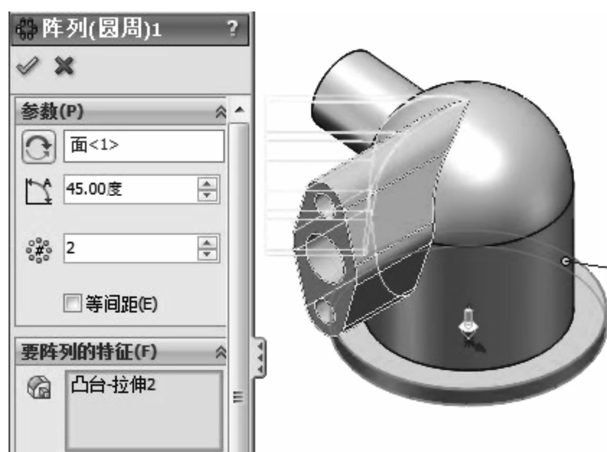


图 **A-46**　创建阵列特征

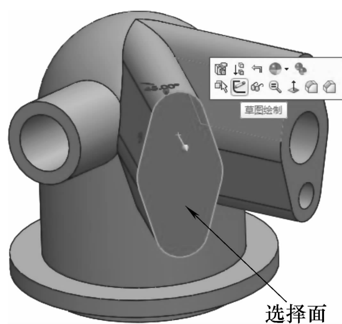


图 **A-47**　选择草图平面

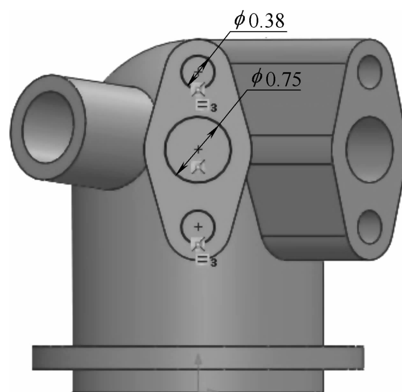


图 **A-48**　绘制草图

步骤 19　创建“切除-拉伸 3”特征

选择“步骤 18”所绘制的草图创建“切除-拉伸 3”特征，如图 A-49 所示。

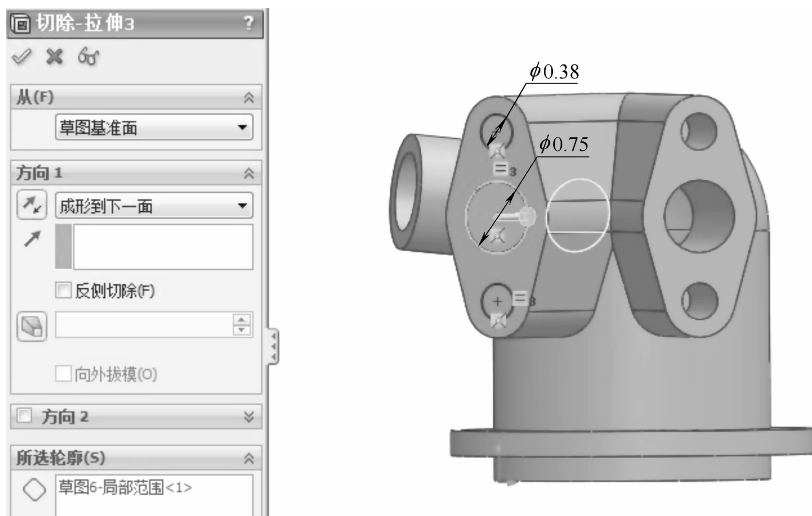


图 A-49　创建“切除-拉伸 3”特征

步骤 20　创建“切除-拉伸 4”特征

选择“步骤 18”所绘制的草图创建“切除-拉伸 4”特征，如图 A-50 所示。

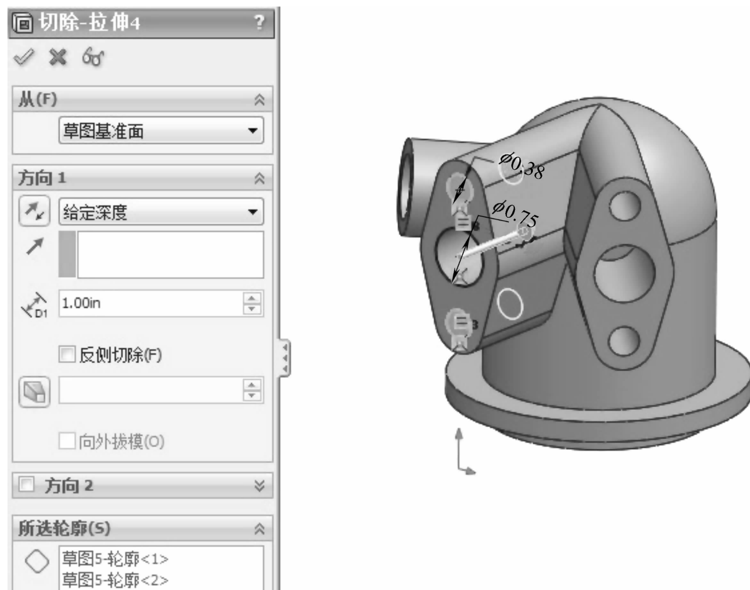


图 A-50　创建“切除-拉伸 4”特征

步骤 21　添加圆角

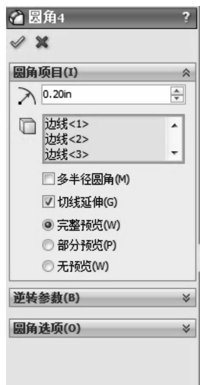
使用【圆角】命令，添加图 A-51 所示圆角特征。

步骤 22　重建模型

退出【圆角】命令，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 23　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 A-52 所示。



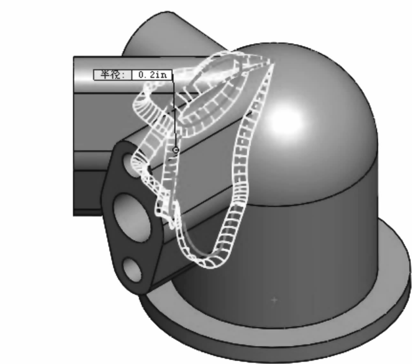


图 A-51　添加圆角



图 A-52　查看零件质量

步骤 24　保存并退出零件

保存并退出零件，将其命名为“Casting”。

质量-体积练习 2-2（10 分）

零件名称：Casting（见图 A-53）。

单位系统：IPS。

小数位数：3。

材料密度：密度 =0.321 磅/立方英寸。

零件原点：任意。

$A=3.5$，$B=2.4$，$C=2.75$，$D=0.25$。

零件材料：铜。

此零件的质量为多少磅？

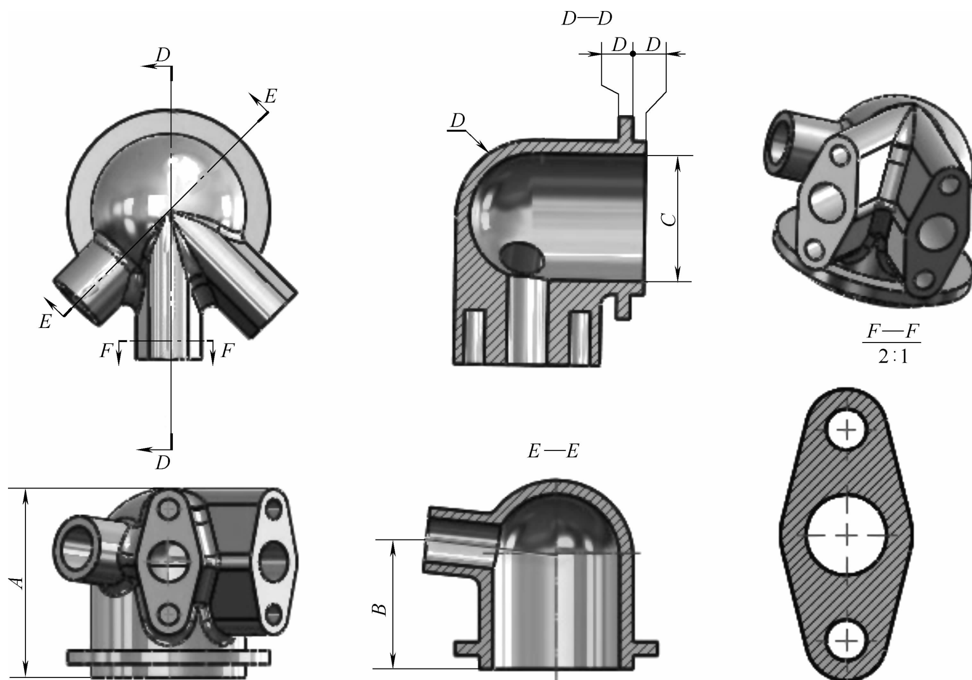


图 A-53　模型

步骤 1　打开零件“Casting”

步骤 2　更改全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器并更改全局变量，如图 A-54 所示。



图 A-54　更改全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按组合键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 A-55 所示。

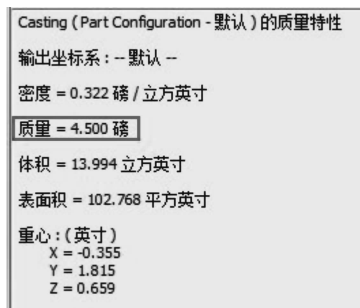


图 A-55　查看零件质量

步骤 5　保存并退出零件

附录 B　CSWP 测试样题讲解

质量-体积练习 1-1（25 分）

零件名称：Casting（见图 B-1）。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：黄铜。

材料密度：0.0085g/mm³。

$A=75$，$B=160$，$C=185$。

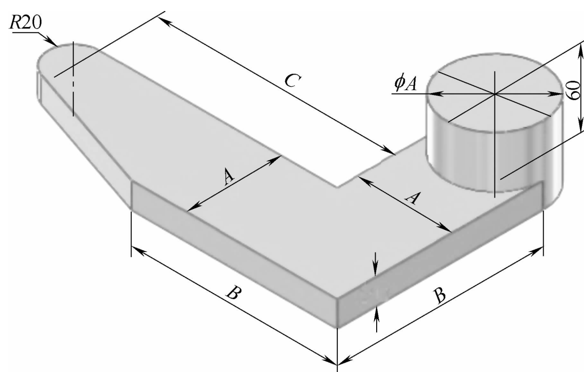


图 B-1　模型

此零件的质量为多少克？


注意

> 该零件的抽壳厚度为2mm，底部开放，圆弧要求与直线相同。

步骤1　新建零件

选择零件模板，新建一个零件。

步骤2　设置零件环境

从菜单栏中选择【工具】/【选项】/【文档属性】/【单位】，设置题示绘图环境，完成编辑后单击【确定】。

步骤3　创建全局变量

如图B-2所示，在方程式管理器中创建全局变量，创建完成后单击【确定】。



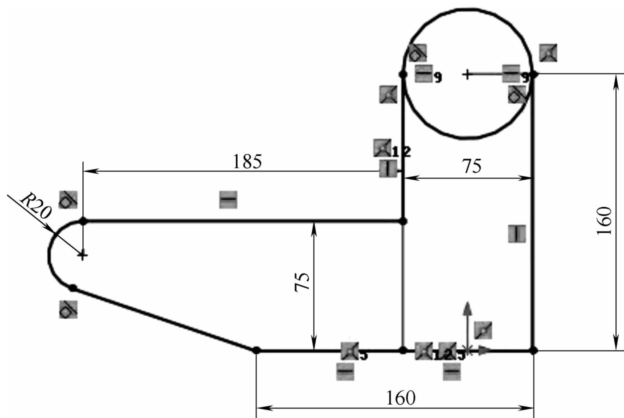
图B-2　创建全局变量

步骤4　指定零件的材料

在设计树中右击【材料】/【编辑材料】，选择“黄铜”并单击【应用】/【确定】，完成操作后单击【关闭】。

步骤5　绘制草图

选择上视基准面并绘制图B-3所示草图。



图B-3　绘制草图

步骤6　创建“凸台-拉伸”特征

如图B-4所示，将“步骤5”创建的草图创建“凸台-拉伸”特征。

步骤7　创建“凸台-拉伸”特征

如图B-5所示，选择“步骤6”所绘制的草图创建“凸台-拉伸”特征。

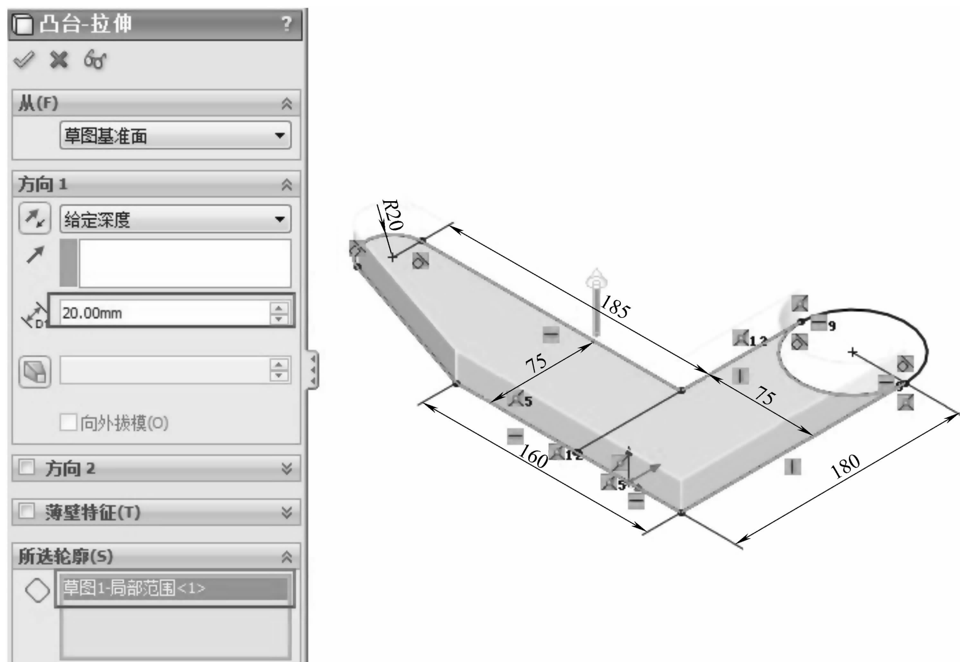


图 B-4　创建“凸台-拉伸特征”

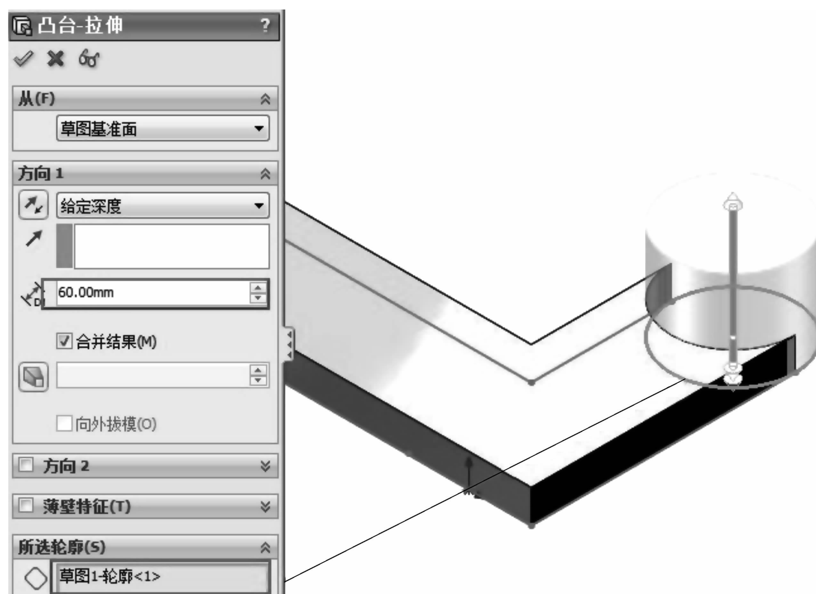


图 B-5　创建“凸台-拉伸”特征

步骤 8　显示特征尺寸

在设计树中右击【注解】文件夹（英文名为“Annotations”），并选择【显示特征尺寸】，此时零件特征尺寸将全部显示出来（如果想隐藏再次操作一遍即可），如图 B-6 所示。

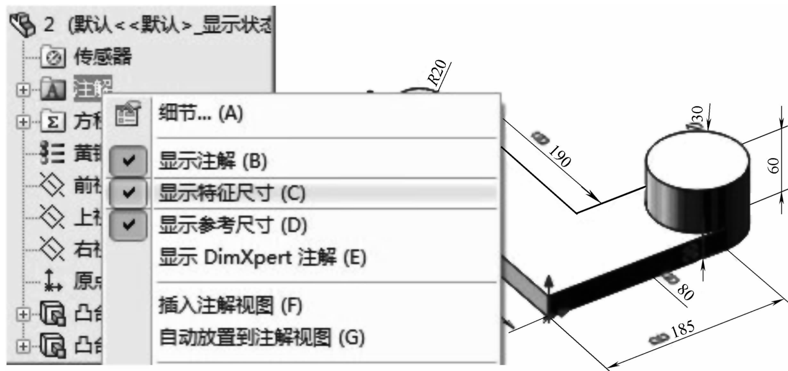


图 B-6　显示特征尺寸

步骤 9　链接数值

按题示要求，分别将尺寸链接对应的全局变量，如图 B-7 所示。

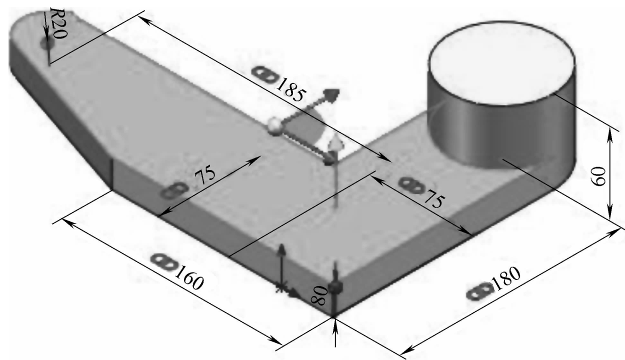


图 B-7　链接数值

步骤 10　创建“抽壳 1”特征

如图 B-8 所示创建“抽壳 1 特征”，抽壳厚度为 2. 00mm。

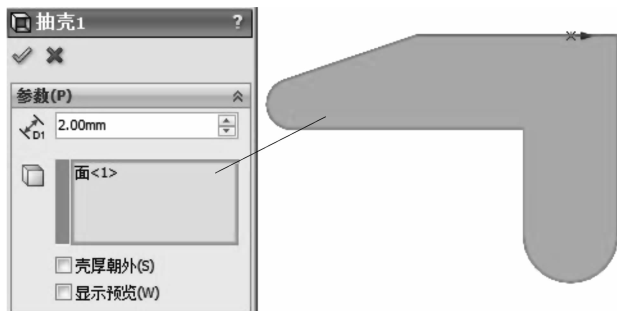


图 B-8　创建“抽壳 1”特征

步骤 11　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 B-9 所示。

步骤 12　保存并退出零件

保存并退出零件，将其命名为“Casting”。

质量-体积练习 1-2（10 分）

零件名称：Casting（见图 B-10）。

Casting 的质量属性
配置：默认
坐标系：-- 默认 --

密度 = 0.0085 克 / 立方毫米

质量 = 881.5734 克

体积 = 103714.5233 立方毫米

表面积 = 105467.4609 平方毫米

重心：(毫米)
X = -52.4221
Y = 22.7483
Z = -86.5045

图 B-9　查看零件质量

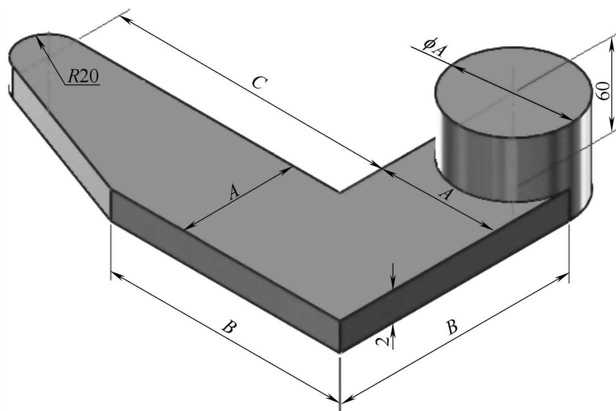


图 B-10　模型

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

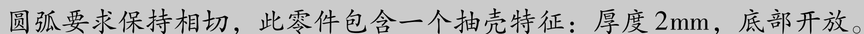
零件材料：黄铜。

材料密度：0.0085g/mm^3。

$A=80$，$B=165$，$C=190$。

此零件的质量为多少克?

注意



圆弧要求保持相切，此零件包含一个抽壳特征：厚度 2mm，底部开放。

步骤 1　打开零件“Casting”

步骤 2　更改全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器，并如图 B-11 所示更改全局变量。



图 B-11　更改全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按组合键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 B-12 所示。

步骤 5　保存并退出零件

质量-体积练习 1-3（10 分）

零件名称：Casting（见图 B-13）。

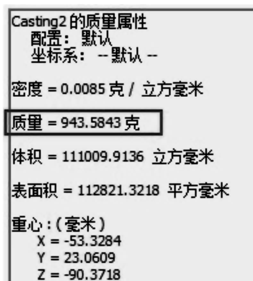

Casting2 的质量属性
配置：默认
坐标系：--默认--
密度 = 0.0085 克 / 立方毫米
质量 = 943.5843 克
体积 = 111009.9136 立方毫米
表面积 = 112821.3218 平方毫米
重心：(毫米)
X = -53.3284
Y = 23.0609
Z = -90.3718

图 B-12　查看零件质量

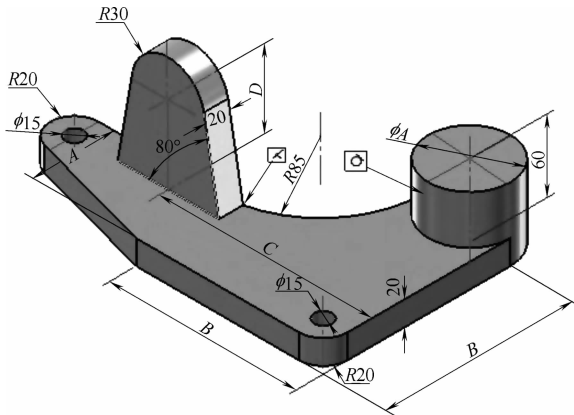


图 B-13　模型

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：黄铜。

材料密度：0.0085g/mm^3。

$A=68$，$B=155$，$C=186$，$D=65$。

此零件的质量为多少克？


注意

圆弧要求保持相切，所有的孔都是完全贯穿，并与圆角同心，压缩抽壳特征。

步骤 1　打开零件“Casting”

步骤 2　添加全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，添加全局变量“*D*”，完成编辑后单击【确定】，如图 B-14 所示。



名称	数值/方程式	估算到	评论
⊟ 全局变量			
"A"	= 68	68	
"B"	= 155	155	
"C"	= 186	186	
"D"	= 70	70	
添加整体变量			
⊟ 特征			
添加特征压缩			
⊟ 方程式			

图 B-14　添加全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按组合键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　压缩特征

如图 B-15 所示，右击设计树中的“抽壳 1”特征，压缩该特征。

步骤 5　绘制草图

选择图 B-16 所示面为草图平面并绘制草图，选择相应尺寸链接数值“*C*”、“*D*”。



图 B-15　压缩特征

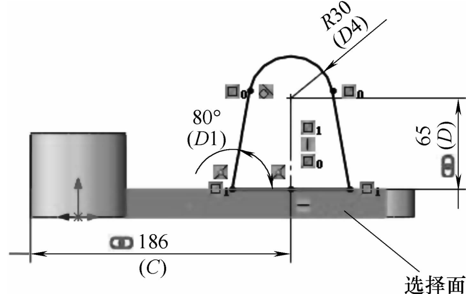


图 B-16　绘制草图

步骤 6　创建“凸台-拉伸 3”特征

使用“步骤 5”所绘制的草图创建“凸台-拉伸 3”特征，如图 B-17 所示。

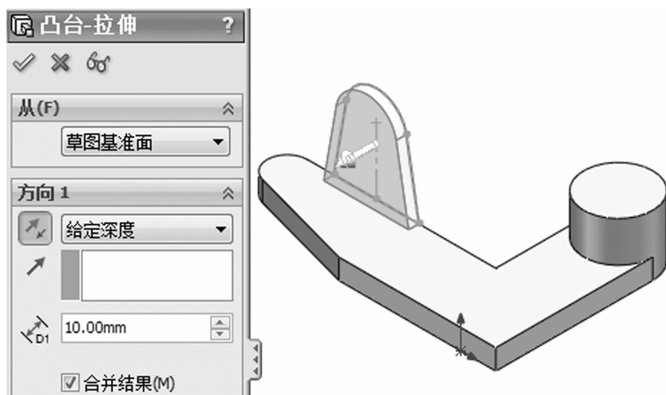


图 B-17　创建“凸台-拉伸 3”特征

步骤 7　绘制草图

选择图 B-18 所示平面作为草图平面并绘制草图。

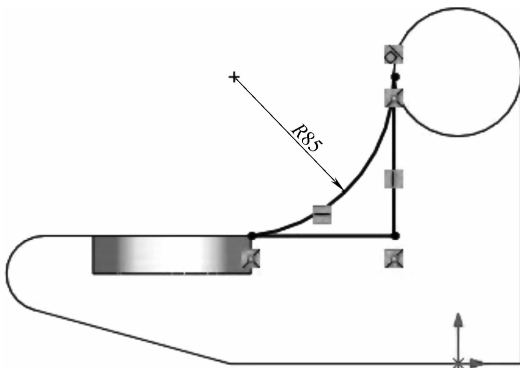


图 B-18　绘制草图

步骤 8　创建“凸台-拉伸 4”特征

使用“步骤 7”所绘制的草图创建“凸台-拉伸 4”特征，如图 B-19 所示。

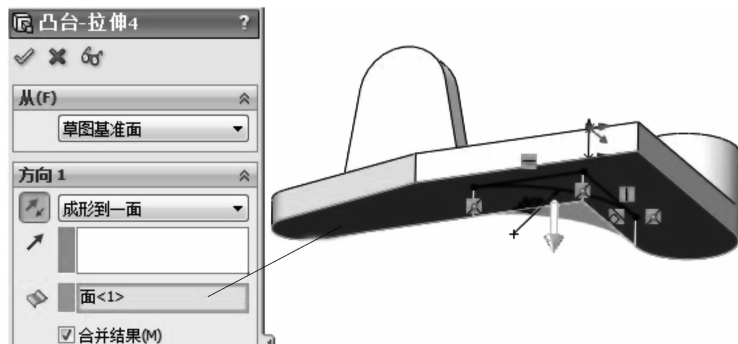


图 B-19　创建“凸台-拉伸 4”特征

步骤 9　添加圆角

使用【圆角】命令添加图 B-20 所示圆角特征。

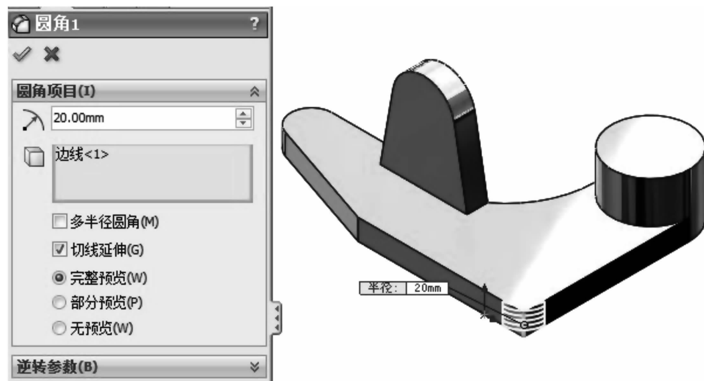


图 B-20　添加圆角

步骤 10　绘制草图

选择图 B-21 所示平面作为草图平面并绘制草图。

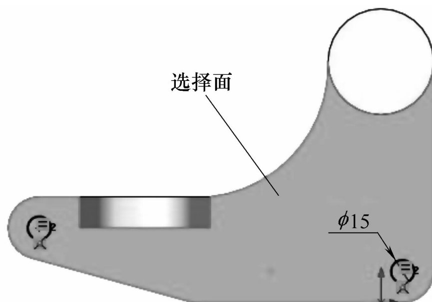


图 B-21　绘制草图

步骤 11　创建“切除-拉伸”特征

使用“步骤 10”所绘制的草图创建“切除-拉伸”特征，如图 B-22 所示。

步骤 12　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 B-23 所示。

切除-拉伸
从(F)
草图基准面
方向 1
成形到下一面
反侧切除(F)
向外拔模(O)

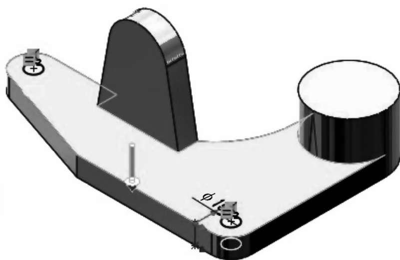


图 B-22　创建“切除-拉伸”特征

Casting3 的质量属性
配置：默认
坐标系：--默认--

密度 = 0.0085 克 / 立方毫米

质量 = 6586.1839 克

体积 = 774845.1636 立方毫米

表面积 = 92455.1237 平方毫米

重心：(毫米)
X = -63.8509
Y = 23.7821
Z = -81.8877

图 B-23　查看零件质量

步骤 13　保存并退出零件

保存并退出零件，将其命名为“Casting”。

质量-体积练习 1-4（10 分）

零件名称：Casting（见图 B-24）。

图 B-24　模型

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：黄铜。

材料密度：0.0085g/mm^3。

$A=70$，$B=165$，$C=188$，$D=70$。

此零件的质量为多少克?

步骤 1　打开零件“Casting”

步骤 2　更改全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器并如图 B-25 所示更改全局变量。



图 B-25　更改全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 B-26 所示。

步骤 5　保存并退出零件

保存并退出零件，将其命名为“Casting”。

质量-体积练习 1-5（10 分）

零件名称：Casting（见图 B-27）。

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

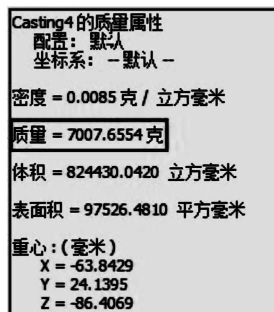


图 B-26　查看零件质量

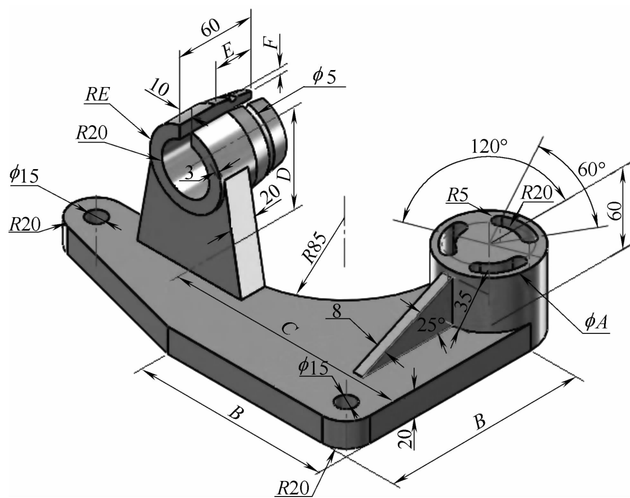


图 B-27　模型

零件原点：任意。

零件材料：黄铜。

材料密度：0. 0085g/mm^3。

$A=70$，$B=155$，$C=185$，$D=75$，$E=30$，$F=5$。

此零件的质量为多少克?


注意

> 加强筋位于拉伸凸台中心，φ5mm 半圆切除位于倒角中心位置，切槽圆周阵列等距且完全贯穿。

步骤 1　打开零件文件“Casting”

步骤 2　更改并添加全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器更改并添加全局变量，如图 B-28 所示。



图 B-28　更改并添加全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按组合键 < Ctrl + B >（或 < Ctrl + Q >）重建模型。

步骤 4　绘制草图

选择右视基准面并绘制图 B-29 所示草图。

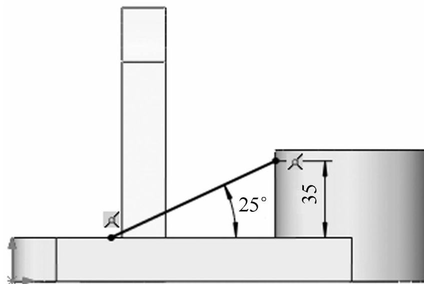


图 B-29　绘制草图

步骤 5　创建“筋 1”特征

将“步骤 4”创建的草图创建“筋 1”特征，如图 B-30 所示。

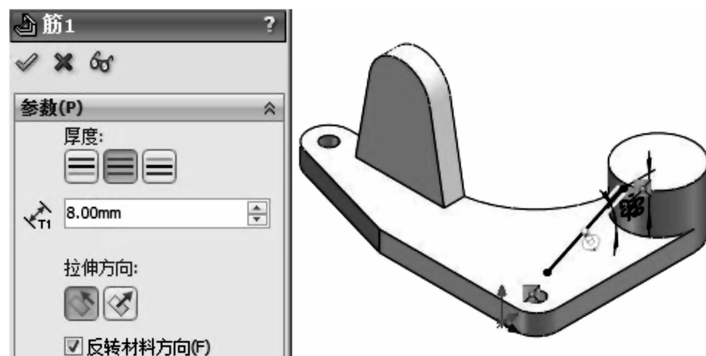


图 B-30　创建“筋 1”特征

步骤 6　绘制草图

选择图 B-31 所示平面作为草图平面绘制草图。

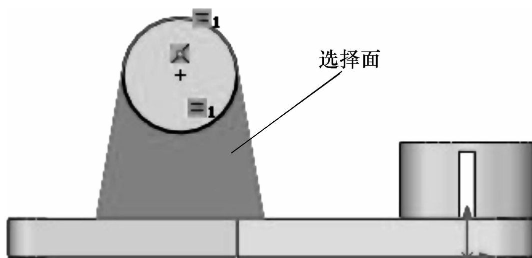


图 B-31　绘制草图

步骤 7　创建"凸台-拉伸 6"特征

使用"步骤 6"所绘制的草图创建"凸台-拉伸 6"特征，如图 B-32 所示。

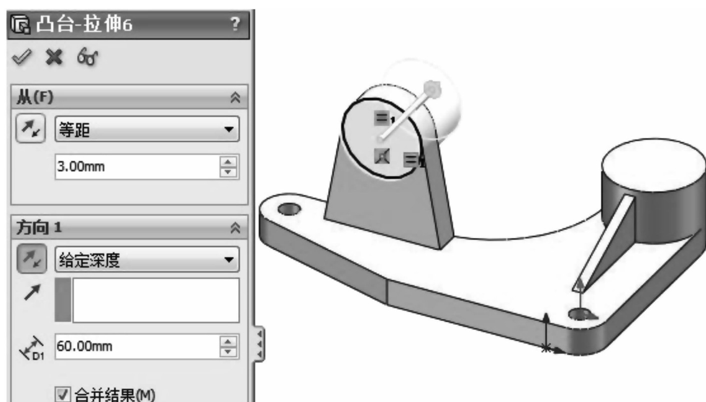


图 B-32　创建"凸台-拉伸 6"特征

步骤 8　创建基准面

使用模型现有的参考创建图 B-33 所示的基准面。

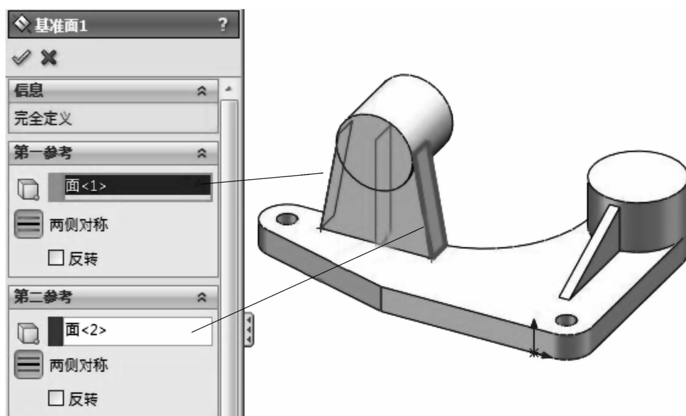


图 B-33　创建基准面

步骤 9　绘制草图

选择"步骤 8"创建的基准面作为草图平面绘制草图，并链接数值"*E*"、"*F*"，如图 B-34 所示。

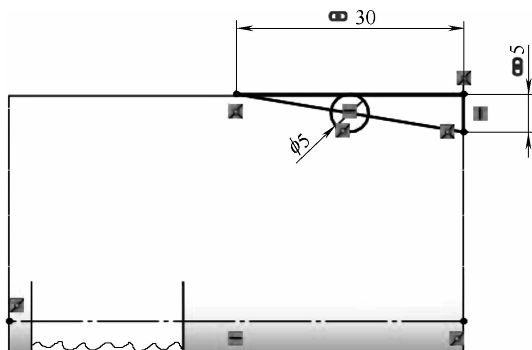


图 B-34　绘制草图

步骤 10　创建“切除-旋转 1”特征

使用“步骤 9”所绘制的草图创建“切除-旋转 1”特征，如图 B-35 所示。

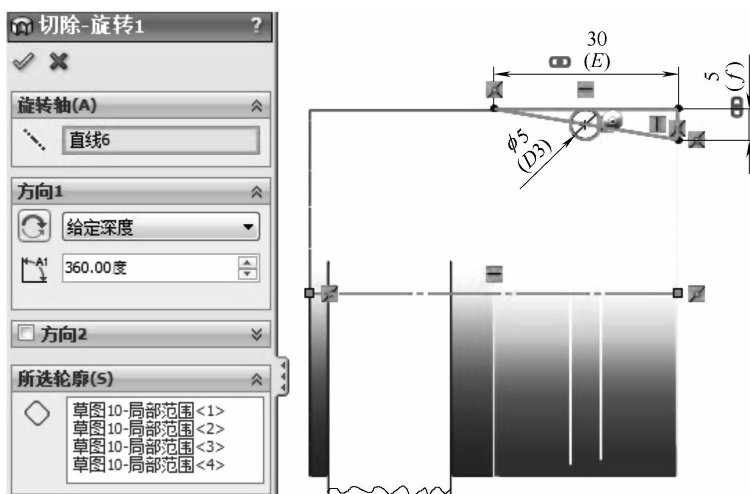


图 B-35　创建“切除-旋转 1”特征

步骤 11　绘制草图

选择图 B-36 所示平面作为草图平面并绘制草图。

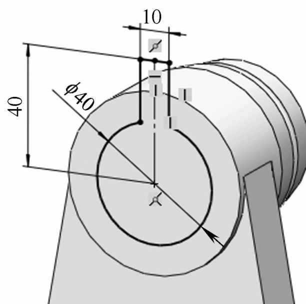


图 B-36　创建草图

步骤 12　创建“切除-拉伸 2”特征

使用“步骤 11”所绘制的草图创建“切除-拉伸 2”特征，如图 B-37 所示。

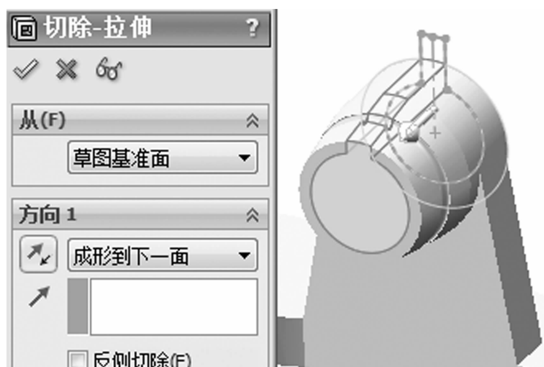


图 B-37 创建“切除-拉伸 2”特征

步骤 13 绘制草图

选择图 B-38 所示平面作为草图平面并绘制草图。

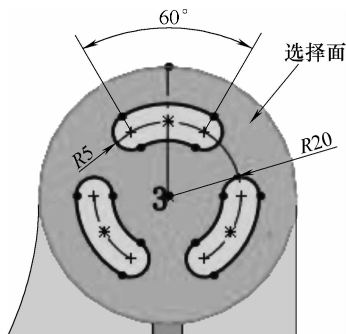


图 B-38 绘制草图

步骤 14 创建“切除-拉伸 3”特征

使用“步骤 13”所绘制的草图创建“切除-拉伸 3”特征，如图 B-39 所示。

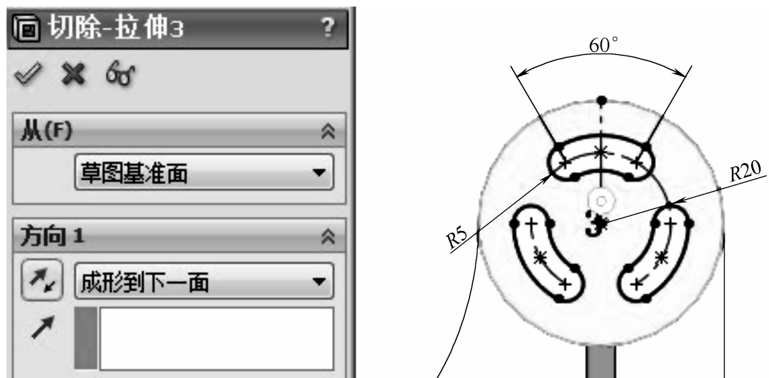


图 B-39 创建“切除-拉伸 3”特征

步骤 15　重建模型

退出方程式管理器，按快捷键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 16　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 B-40 所示。

Casting5 的质量属性
配置：默认
坐标系：-- 默认 --

密度 = 0.0085 克 / 立方毫米

质量 = 6699.2418 克

体积 = 788146.0997 立方毫米

表面积 = 121197.4932 平方毫米

重心：(毫米)
X = -69.6496
Y = 26.4621
Z = -79.1154

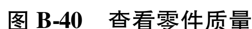


图 B-40　查看零件质量

步骤 17　保存并退出零件

保存并退出零件，将其命名为“Casting”。

质量-体积练习 1-6（10 分）

零件名称：Casting（见图 B-41）。



图 B-41　模型

单位系统：MMGS。

小数位数：2。

零件原点：任意。

零件材料：黄铜。

材料密度：0.0085g/mm^3。

$A=72$，$B=160$，$C=187$，$D=77$，$E=35$，$F=10$。

此零件的质量为多少克？

步骤 1　打开零件文件“Casting”

步骤 2　更改全局变量

从菜单栏中选择【工具】/【方程式】，打开方程式管理器，并如图 B-42 所示更改全局变量。



图 B-42　更改全局变量

步骤 3　重建模型

退出方程式管理器，按组合键 <Ctrl + B>（或 <Ctrl + Q>）重建模型。

步骤 4　查看零件质量

使用【质量属性】查看该零件的质量，如图 B-43 所示。

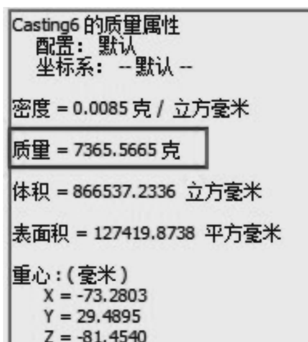


图 B-43　查看零件质量

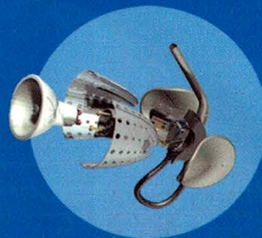
步骤 5　保存并退出零件。



SolidWorks®







地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952

封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/机械工程/工程软件

ISBN 978-7-111-45867-8
ISBN 978-7-89405-333-6(光盘)

策划编辑◎郎峰 宋亚东 / 封面设计◎饶薇

ISBN 978-7-111-45867-8



定价：45.00元(含1DVD)